

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП



А.Г. Тырков

«24» января 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
фундаментальной и прикладной  
химии



Л.А. Джигола

«24» января 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДАМ  
ИССЛЕДОВАНИЯ В ХИМИИ»**

Составитель	<b>Шакирова В.В., доцент, к.х.н., доцент</b>
Направление подготовки	<b>04.03.01 ХИМИЯ</b>
Направленность (профиль) ОПОП	<b>ХИМИЯ</b>
Квалификация (степень)	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Год приема	<b>2023</b>
Курс	<b>3</b>
Семестр	<b>5</b>

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цель освоения дисциплины «Практикум по физико-химическим методам исследования в химии»** дать теоретические основы и практические навыки использования наиболее важных физических и физико-химических методов анализа, вскрыть области применения, достоинства и недостатки методов.

**1.2. Задачи освоения дисциплины:** знакомство студентов с ключевыми понятиями в физических и физико-химических методах исследований; классификацией и характеристикой современных методов анализа структуры и свойств анализируемых объектов, теоретическими основами и практическими навыками работы на аппаратуре, анализ ТУ и ГОСТов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

**2.1. Учебная дисциплина «Практикум по физико-химическим методам исследования в химии»** относится к обязательной части и осваивается в 5 семестре.

Дисциплина встраивается в структуру ОПОП как с точки зрения преемственности содержания, так и с точки зрения непрерывности процесса формирования компетенций выпускника.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения, навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: учебный курс логически связан с теоретическими основами неорганической и аналитической химии и предшествует изучению данных разделов химии. Следовательно, «входные» знания и умения обучающегося связаны со знанием теоретических основ вышеобозначенных учебных химических дисциплин и элементарных знаний и навыков работы в химической лаборатории.

**2.2. Для изучения данной дисциплины необходимы следующие знания умения и навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами:**

– Неорганическая химия

Знания: основных теоретических положений и принципов, лежащих в основе физических и физико-химических методов исследований.

Умения: интерпретировать экспериментальные результаты. Использовать экспериментальные методы химии для изучения и количественной характеристики систем.

Навыки: техники безопасности при выполнении работ в лаборатории, регистрации и обработки результатов экспериментов, методами отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ.

**2.3. Последующие учебные дисциплины и практики, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:**

- Физическая химия,
- Органическая химия,
- Коллоидная химия.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

б) общепрофессиональной

ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием;

ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.

**Таблица 1- Декомпозиция результатов обучения**

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ИОПК-2.1.1. теоретические аспекты об устройстве и принципах работы приборов для физико-химического и физического анализа ИОПК-2.1.2. теоретические основы физико-химических и физических методов анализа ИОПК-2.1.3. основы работы с ТУ и ГОСТами	ИОПК-2.2.1. применять теоретические знания при работе с приборами для физико-химического и физического анализа ИОПК-2.2.2. осуществлять в лабораторных условиях определение количественных характеристик систем и интерпретировать экспериментальные результаты ИОПК-2.2.3. использовать сведения из техпаспорта, работать с ТУ, ГОСТ.	ИОПК-2.3.1. техникой, алгоритмом работы на аппаратуре, предназначенной для физико-химического анализа ИОПК-2.3.2. статистическими методами обработки результатов эксперимента. Методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов, методами отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ.
ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ИОПК-3.1.1 основные расчетно-теоретические способы при решении задач в физико-химическом анализе	ИОПК-3.2.1 проводить основные расчеты при решении задач в физико-химическом анализе	ИОПК-3.3.1. методиками численных расчетов и методами обработки данных при решении задач в физико-химическом анализе

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины» составляет 5 зачетных единиц, в том числе 54 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем из них 18 часов лекций, 36 часов - лабораторные работы, и 126 часа на самостоятельную работу обучающихся.

**Таблица 2 - Структура и содержание дисциплины**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации ( <i>по семестрам</i> )
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Тема 1. Введение. Классификация и характеристика методов анализа	5	1				10	Устный опрос.
Тема 2. Электрохимические методы исследования веществ		2		8		32	Отчеты по лабораторным работам 1-3. Реферат

Тема 3. Спектроскопические и другие оптические методы исследования	8	14	32	Отчеты по лабораторным работам 1-5. Решение задач.
Тема 4. Методы разделения и концентрирования	2	6	26	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос
Тема 5. Хроматография	5	8	26	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос. Контрольная работа
<b>Итого</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>126</b>	<b>Экзамен</b>

*Примечание:* Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

**Таблица 3 - Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины и формируемых компетенций**

Разделы, тема дисциплины	Кол-во часов	Код компетенции		Общее количество компетенций
		ОПК-2	ОПК-3	
Тема 1. Введение. Классификация и характеристика методов анализа	11	+	+	2
Тема 2. Электрохимические методы исследования веществ	42	+	+	2
Тема 3. Спектроскопические и другие оптические методы исследования	54	+	+	2
Тема 4. Методы разделения и концентрирования	34	+	+	2
Тема 5. Хроматография	39	+	+	2
<b>Итого</b>	<b>180</b>			

### Краткое содержание каждой темы дисциплины

**Тема 1. Введение. Классификация и характеристика методов анализа.** Приёмы определения и основные метрологические характеристики». Аналитический сигнал. Свойства вещества. Получение аналитического сигнала. Классификация методов исследования в химии по принципу получения аналитического сигнала. Классификация инструментальных методов анализа. Измерение аналитического сигнала. Зависимость аналитического сигнала от количественного состава пробы. Приёмы определения неизвестной концентрации в инструментальных методах анализа. Метод градуировочного графика. Метод стандартов (метод молярного свойства). Метод добавок. Инструментальное титрование. Метрологические характеристики инструментальных методов анализа.

**Тема 2. Электрохимические методы исследования.** Общая характеристика электрохимических методов. Классификация.

**Прямая потенциометрия.** Измерение потенциала. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы. Индикаторные электроды. Ионметрия.

**Вольтамперометрия.** Сущность метода. Классификация вольтамперометрических методов. Индикаторные электроды. Преимущества и недостатки ртутного электрода. Применение твердых электродов.

**Кулонометрия.** Теоретические основы. Закон Фарадея. Способы определения количества электричества. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Кулонометрия при постоянном токе и постоянном потенциале.

**Тема 3. Спектроскопические и другие оптические методы исследования.** Спектр электромагнитного излучения. Основные типы взаимодействия вещества с излучением: эмиссия (тепловая, люминесценция), поглощение, рассеяние. Классификация спектроскопических методов по природе частиц, взаимодействующих с излучением (атомные, молекулярные); ха-

рактору процесса (абсорбционные, эмиссионные); диапазону электромагнитного излучения. Спектры атомов и молекул и их особенности. Основные законы испускания и поглощения электромагнитного излучения. Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого компонента. Основные способы определения концентрации в спектроскопических методах. Аппаратура.

**Атомно-эмиссионный метод.** Принципиальная схема атомно-эмиссионного спектрометра. Источники атомизации и возбуждения и их основные характеристики. Качественный и количественный анализ методом атомно-эмиссионной спектроскопии. Метрологические характеристики и аналитические возможности.

**Атомно-абсорбционный метод.** Принципиальная схема атомно-абсорбционного спектрометра. Атомизаторы (пламенные и непламенные). Источники излучения, их характеристики. Возможности, достоинства и недостатки метода. Метрологические характеристики. Примеры практического применения атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного методов.

**Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия).** Способы определения концентрации веществ. Измерение высоких, низких оптических плотностей (дифференциальный метод). Анализ многокомпонентных систем. Метрологические характеристики и аналитические возможности. Примеры практического применения.

**Молекулярная люминесцентная спектроскопия.** Классификация видов люминесценции по источникам возбуждения. Флуоресценция и фосфоресценция. Количественный анализ люминесцентным методом. Метрологические характеристики и аналитические возможности метода, сравнение с методом спектрофотометрии.

**Нефелометрия и турбидиметрия.** Основы для проведения количественных определений, ограничения методов.

**Тема 4. Методы разделения и концентрирования.** Общие сведения о разделении и концентрировании. Классификация методов разделения и концентрирования (экстракция, осаждение, сорбция). Ионный обмен. Виды ионитов. Реакции ионного обмена. Основные физико-химические характеристики ионитов. Применение ионитов.

**Тема 5. Хроматографические методы анализа.** Определение хроматографии. Понятие о подвижной и неподвижной фазах. Классификация методов по агрегатному состоянию фаз, по механизму разделения, по технике выполнения. Способы получения хроматограмм (фронтальный, вытеснительный, элюентный). Параметры удерживания. Основное уравнение хроматографии. Селективность и эффективность хроматографического разделения. Теория теоретических тарелок. Кинетическая теория. Разрешение как фактор оптимизации хроматографического процесса. Качественный и количественный хроматографический анализ.

**Газовая хроматография:** Газо-адсорбционная (газотвердофазная) и газо-жидкостная. Сорбенты и носители, требования к ним..

**Жидкостная хроматография.** Виды жидкостной хроматографии. Преимущества высокоэффективной жидкостной хроматографии. Схема жидкостного хроматографа.

**Ионообменная хроматография.** Строение и физико-химические свойства ионообменников. Ионообменное равновесие. Селективность ионного обмена и факторы, определяющие его. Области применения ионообменной хроматографии.

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине

Практические (семинарские) занятия не предусмотрены в данном курсе.

Преподаватель должен активно непосредственно участвовать в учебном процессе и проводить подготовку к нему. Необходимость постоянной подготовки к лекциям, семинарским и практическим занятиям обусловлена потребностью отражать современные подходы, взгляды, данные по темам и разделам. Проводя подготовку к учебному процессу необходимо изучать

современные методические рекомендации, результаты научных исследований, новые технологии и т.д. При реализации различных видов учебной работы преподаватель должен использовать образовательные технологии: создание интерактивных презентаций, обучающие компьютерные программы, технологии развития мышления (эффективная лекция, таблицы, работа в группах и т.д.)

В ходе подготовки лекции преподаватель должен разрабатывать план лекции, в котором должен определить те основные материалы, которые слушатели должны понять и записать. Содержание лекции должно быть организованным и четким, что делает усвоение материала доступным. Содержание лекции должно отвечать следующим требованиям: изложение материала от простого к сложному; от известного к неизвестному; логичность, четкость и ясность в изложении материала; возможность проблемного изложения; дискуссии и диалога в конце лекции с целью активизации деятельности слушателей; опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные; тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и профессиональной деятельностью. В ходе лекционного занятия преподаватель должен четко озвучить тему, представить план, кратко изложить цель, учебные вопросы. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Следует также раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. При изложении лекционного материала следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам, приводя примеры, раскрывать положительный отечественный и зарубежный опыт. По ходу изложения, возможно, задавать риторические вопросы и самому давать на них ответ. Преподаватель в целом не должен отвлекаться от излагаемого материала лекции. Преподаватель должен руководить работой слушателей по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы. Используемый во время лекции наглядный материал – слайды, таблицы, схемы, иллюстрации помогает вести конспекты и улучшает темп предложения материала лекций. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Для закрепления материала, подготовки к семинарским и практическим занятиям и выполнения самостоятельной работы необходимо рекомендовать литературу, основную и дополнительную, в том числе учебно-методические материалы, а также электронные источники (интернет-ресурсы).

Лабораторные занятия способствуют закреплению знаний полученных студентами в ходе обучения и самостоятельной работы, формированию компетенций, навыков в получении информации, приобретению умений провести ее обработку и анализ, овладению навыками планирования, анализа и управления. Общее требование при разработке тематики лабораторных работ – этот вид аудиторных занятий должен научить студента правильно оценить и предвидеть развитие ситуации, управлять ее формированием, владению методами анализа. На занятиях проводится отработка практических умений под контролем преподавателя. В конце каждого лабораторного занятия преподаватель планирует 6-7 минут для подведения итогов. Он обращает внимание на то, как освоен учебный материал по теме в целом, анализирует типичные ошибки и недоработки студентов, акцентирует их внимание на значимость темы.

## **5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Самостоятельная работа обучающихся проводится с использованием учебно-методической литературы и интернет-ресурсов. В случае возникновения вопросов они могут быть заданы преподавателю на индивидуальной консультации или по электронной почте.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся:

1. Васильев, В.П. Аналитическая химия. В 2-х кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа : Рек. М-вом образования РФ в качестве учеб. для вузов. - 4-е изд. ; стереотип. - М. :

- Дрофа, 2004. - 384 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 5-7107-8746-9 (кн. 2): 67-83, 134-00 : 67-83, 134-00. (23 экз.)
2. Пентин Ю.А.. Физические методы исследования в химии: Доп. М-вом образования РФ в качестве учеб. для вузов. - М. : Мир, 2003. - 683 с. - (Методы в химии). - ISBN 5-03-003470-6: 377-00, 379-63, 205-26 : 377-00, 379-63, 205-26. (31 экз.)

Программное обеспечение и информационные справочные системы:

1. Александрова Т.П., Физико-химические методы анализа. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228504.html> (ЭБС «Консультант студента»)
2. Руанет В.В. Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970439449.html> (ЭБС «Консультант студента»)
3. Ярышев Н.Г., Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе. М.: Прометей, 2015. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785990613461.html> (ЭБС «Консультант студента»)

**Таблица 4 - Содержание самостоятельной работы обучающихся**

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
Тема 1. Введение. Классификация и характеристика методов анализа. Инструментальное титрование. Метрологические характеристики инструментальных методов анализа	10	Подготовка к устному опросу по вопросам.
Тема 2. Электрохимические методы исследования Кулонометрия. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование.	32	Оформление отчета по лабораторной работе. Написание реферата
Тема 3. Спектроскопические и другие оптические методы исследования Атомно-эмиссионный метод. Атомно-абсорбционный метод. Молекулярная люминесцентная спектроскопия.	32	Оформление отчета по лабораторной работе. Решение задач.
Тема 4. Методы разделения и концентрирования Ионный обмен. Основные физико-химические характеристики ионитов.	26	Оформление отчета по лабораторной работе. Подготовка к устному опросу по вопросам
Тема 5. Хроматографические методы анализа Жидкостная хроматография. Ионообменная хроматография.	26	Оформление отчета по лабораторной работе. Подготовка к устному опросу по вопросам. Подготовка к контрольной работе

**5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно.** В качестве письменных работ предлагается реферат, отчет по лабораторным работам и самостоятельное решение задач.

#### **Методические указания по написанию реферата**

1. Формулирование темы. Тема должна быть не только актуальной по своему значению, но оригинальной, интересной по содержанию. Тема реферата выбирается по желанию студента из списка, предлагаемого преподавателем. Выбранная тема согласовывается с преподавателем. Тема может быть сформулирована студентом самостоятельно.

2. Подбор и изучение основных источников по теме (как правило, не менее 8- 10). Составление библиографии.

3. Разработка плана реферата. План реферата должен быть авторским. В нем проявляется подход автора, его мнение, анализ проблемы.

4. Написание реферата.

## 5. Публичное выступление с результатами исследования.

Содержание работы должно отражать

- знание современного состояния проблемы;
- обоснование выбранной темы;
- использование известных результатов и фактов;
- полноту цитируемой литературы, ссылки на работы ученых, занимающихся данной проблемой;
- актуальность поставленной проблемы;
- материал, подтверждающий научное, либо практическое значение в настоящее время.

План реферата должен включать в себя: введение, основной текст и заключение. Во введении аргументируется актуальность выбранной темы, указываются цели и задачи исследования. В нем же можно отразить методику исследования и структуру работы. Основная часть работы предполагает освещение материала в соответствии с планом. Основной текст желательно разбивать на главы и параграфы. В заключении излагаются основные выводы и рекомендации по теме исследования.

Все приводимые в реферате факты и заимствованные соображения должны сопровождаться ссылками на источник информации. Недопустимо просто скопировать реферат из кусков заимствованного текста. Все цитаты должны быть представлены в кавычках с указанием в скобках источника и страницы.

Текст реферата необходимо набирать на компьютере на одной стороне листа. Размер левого поля 30 мм, правого - 15-20 мм, верхнего – 20 мм, нижнего – 20 мм. Шрифт – Times New Roman, размер – 14, межстрочный интервал – 1,5. Фразы, начинающиеся с новой строки, печатаются с абзачным отступом от начала строки (1,25 см).

Реферат, выполненный небрежно, неразборчиво, без соблюдения требований по оформлению возвращается студенту без проверки с указанием причин возврата на титульном листе.

Защита тематического реферата может проводиться на выделенном одном занятии в рамках часов учебной дисциплины или конференции или по одному реферату при изучении соответствующей темы, либо по договоренности с преподавателем. Защита реферата студентом предусматривает доклад по реферату не более 5-7 минут, ответы на вопросы оппонента. На защите запрещено чтение текста реферата. Общая оценка за реферат выставляется с учетом оценок за работу, доклад, умение вести дискуссию и ответы на вопросы.

При оценивании реферативной работы будут учитываться следующие пункты: знание и понимание проблемы; умение систематизировать и анализировать материал, четко и обоснованно формулировать выводы; «трудозатратность» (объем изученной литературы, добросовестное отношение к анализу проблемы); самостоятельность, способность к определению собственной позиции по проблеме и к практической адаптации материала, недопустимость (!) прямого плагиата; выполнение необходимых формальностей (точность в цитировании и указании источника текстового фрагмента, аккуратность оформления).

### **Методические указания по написанию отчета по лабораторной работе**

1. Цель и задачи исследования.
2. Краткое описание эксперимента: способы, методы, методики исследования и теоретические положения.
3. Законы, положения, математический аппарат, уравнения реакций. Результаты исследования и расчеты (уравнения должны быть приведены в общем виде и с подставленными данными). Результаты исследования и расчетов должны быть сведены в соответствующие таблицы. Статистическая обработка данных.
4. Графическая обработка экспериментальных данных: графики и схемы должны выполняться только на миллиметровой бумаге. На ось ординат наносится функция, на ось абсцисс – аргумент с указанием единиц измерения. На осях наносится шкала согласно выбранному масштабу. Единицы масштаба должны быть выбраны в соответствии точности отсчета при эксперименте.

Координаты экспериментальной точки наносятся только на плоскости и отмечаются точкой. По экспериментальным точкам проводится усредняющая кривая. Выпавшие точки не используются, но показываются. На листе, где выполнен график, должны быть указаны наименование графика (под графиком), условия, сноски. Экспериментальные данные для построения градуировочного графика обрабатываются по методу наименьших квадратов.

5. Анализ экспериментально полученных зависимостей.

6. Выводы.

Работа считается выполненной, если приведены все необходимые расчеты, построены изучаемые зависимости, приведены все структурные формулы изучаемых веществ и образуемых соединений, сделаны соответствующие выводы.

### **Методические рекомендации к решению задач**

Решение задач должно быть выполнено в ученической тетради в клетку «от руки». На титульном листе должны быть разборчиво написаны фамилия, имя, отчество, факультет, курс, группа. В оформлении должно быть отражено дано задач, подробное решение с написанием всех формул и единиц измерения, ответ. В конце работы ставится число и подпись.

**Пример 1.** Содержание Ti в образце стали определяли по светопоглощению его комплекса с  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Для маскировки железа добавили  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . После растворения 0,25 г стали раствор разбавили до 100 мл. В три колбы вместимостью 50 мл поместили по 25 мл этого раствора и добавили: в первую колбу стандартный раствор, содержащий 0,5 мг Ti, растворы  $\text{H}_2\text{O}_2$  и  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , во вторую – растворы  $\text{H}_2\text{O}_2$  и  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , в третью – раствор  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (нулевой раствор). Растворы довели до метки и фотометрировали два первых раствора относительно третьего. Получили значения оптической плотности:  $A_{x+ст} = 0,65$ ,  $A_x = 0,25$ . Рассчитать массовую долю (%) титана в стали.

*Решение:*

В решении задачи будет использован метод добавок. Находим концентрацию титана, добавленного в первую колбу со стандартным раствором:

$$C_{ст} = 0,5 / 50 = 1 \cdot 10^{-2} \text{ мг/мл},$$

где 0,5 – масса добавленного титана, мг; 50 – объем раствора, мл.

Вычисляем концентрацию титана в исследуемом растворе (колба № 1) по формуле:

$$C_x = C_{ст} \frac{A_x}{A_{x+ст} - A_x}; \quad C_x = 1 \cdot 10^{-2} \frac{0,25}{0,65 - 0,25} = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ мг / мл}$$

Определяем массу титана во взятой навеске:

$$m = \frac{6,25 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 100}{25} = 1,25 \text{ мг} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ г}$$

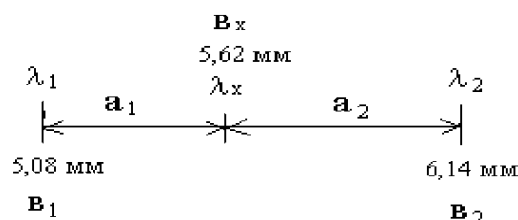
и рассчитываем массовую долю (%):

$$w = \frac{1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{25} = 0,5\%$$

*Ответ:* массовая доля титана в стали равна 0,5%.

**Пример 2.** Для определения длины волны неизвестной линии спектра ( $\lambda_x$ ) были выбраны две линии из спектра железа. С известными длинами волн  $\lambda_1 = 3737,1$  и  $\lambda_2 = 3745,6$ . Отсчеты по измерительной шкале прибора (микроскопа) для этих линий были равны соответственно  $S_1 = 5,18$  и  $S_2 = 6,24$ . Определить длину волны неизвестной линии, если отсчет по шкале прибора для нее равен  $v_x = 5,62$ .

*Решение:*



$$\lambda_x = \lambda_1 + \frac{a_1}{a_1 + a_2} (\lambda_2 - \lambda_1)$$

$$a_1 = v_x - v_1 = (5,62 - 5,08) = 0,54 \text{ мм} \quad a_2 = v_2 - v_x = (6,14 - 5,62) = 0,52 \text{ мм}$$

$$\lambda_x = 3737,1 + \frac{0,54}{0,54 + 0,52} (3745,6 - 3737,1) = 3741,4 \text{ нм}$$

Ответ: длина волны неизвестной линии 3741,4 нм.

**Пример 3.** Определение содержания марганца в стали по методу 3-х эталонов были измерены почернения линий гомологической пары  $\lambda_{\text{Fe}} = 2936,9 \text{ \AA}$  и  $\lambda_{\text{Mn}} = 2933,06 \text{ \AA}$ . Определить массовую долю марганца в стали, используя следующие данные:

$w_{\text{Mn}} \%$	0,33	0,89	3,03	$w_x$
$S_{\text{Fe}}$	1,33	1,24	1,14	1,08
$S_{\text{Mn}}$	0,95	1,06	1,20	0,96

Решение:

Рассчитаем разность значений почернения линий пары марганец – железо и найдем логарифм значений массовой доли марганца, затем по полученным расчетам построим график зависимости  $\lg w$  от  $\Delta S$ :

$$\Delta S = (S_{\text{Mn}} - S_{\text{Fe}})$$

$$\Delta S_1 = 0,95 - 1,33 = -0,38$$

$$\Delta S_2 = 1,06 - 1,24 = -0,18$$

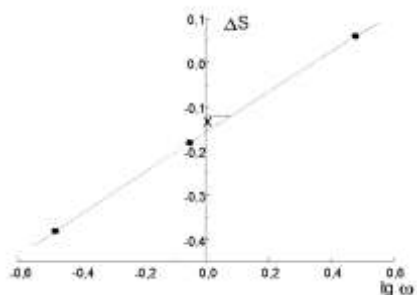
$$\Delta S_3 = 1,20 - 1,14 = -0,06$$

$$\Delta S_4 = 0,96 - 1,08 = -0,12$$

$$\lg w_1 = \lg 0,33 = -0,48$$

$$\lg w_2 = \lg 0,89 = -0,051$$

$$\lg w_3 = \lg 3,03 = 0,48$$



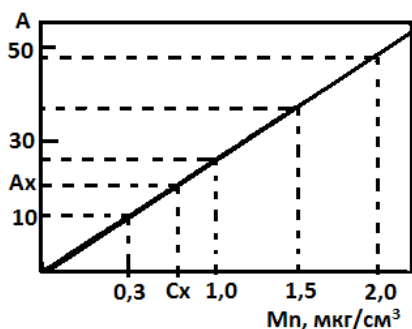
Находим  $\lg w_x$  из графика:  $\lg w_x = 0,085$ ,  $w_x = 1,21 \%$ .

Ответ: массовая доля марганца в стали 1,21%.

**Пример 4.** При определении марганца в алюминии атомно- абсорбционным способом был построен градуировочный график по следующим данным:

Концентрация стандартных растворов Mn, мкг/см <sup>3</sup>	0,5	1,0	1,5	2,0
Атомное поглощение Mn при 279,5 нм (число делений)	12	25	37	49

Навеска анализируемого образца массой 0,2 г растворена в смеси кислот и перенесена в мерную колбу вместимостью 100 мл. Атомное поглощение этого раствора составляет 23 деления шкалы. Определить массовую долю марганца в алюминии (в %).



Решение:

По графику, методом интерполяции по величине  $A_x$  находим  $C_x$ ; получаем  $C_x = 0,925$  мкг Mn в 1 см<sup>3</sup>. Массовая доля марганца в алюминии равна:

$$w(Mn) = \frac{0,925 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 100}{0,2} = 0,0462 \%$$

Рис. 3. Градуировочный график в координатах

$C_{cm} - A_{cm}$ .

Ответ: массовая доля марганца в алюминии 0,0462%.

**Пример 5.** При анализе пробы массой 0,9816 г на содержание Со хемилюминесцентным фотографическим методом на одну фотопластинку снимали свечение пробы анализируемого раствора, стандартов и холостого опыта. В ячейки кюветы помещали по 0,5 мл раствора соли Со, прибавляли салицилат натрия (для устранения мешающего действия катионов Си и Fe) и одинаковое количество H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Кювету выдерживали до полного прекращения свечения; пластинку фотометрировали. Значение  $\Delta S$  стандартных растворов, содержащих 4,0; 8,0; 12,0; 16,0 мкг/мл Со, составили 0,17; 0,28; 0,4; 0,53 соответственно. Вычислите массовую долю (%) кобальта в пробе, если  $\Delta S_x = 0,20$ .

Решение:

В хемилюминесцентном фотографическом методе используется зависимость  $\Delta S$  – разности почернений пятен в их центрах и фона холостой пробы – от концентрации определяемого элемента. При соблюдении ряда условий эта зависимость близка к линейной.

По графику определяем концентрацию кобальта, равную 5,0 мкг/мл. Массовую долю (%) кобальта в пробе находим по формуле:

$$w(Co) = \frac{m(Co) \cdot 10^{-6} \cdot 100}{m} = \frac{5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{0,9816} = 2,55 \cdot 10^{-4} \%$$

Рис. 4. Градуировочный график в координатах  $\Delta S - C$ .

где  $m(Co)$  – масса кобальта, мкг;  $m$  – навеска пробы, г.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся. Возможно применение электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

### 6.1. Образовательные технологии

В учебном процессе применяются групповые обсуждения при устном опросе, анализ ситуаций и имитационных моделей при заслушивании рефератов. На лабораторных занятиях работа в парах и малых группах.

Учебные занятия по дисциплине могут также проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах on-line и/или off-line в формах: лекций-презентаций.

**Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Тема 1. Введение. Классификация и характеристика методов анализа	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Фронтальный опрос
Тема 2. Электрохимические методы исследования веществ	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнении лабораторных работ. Анализ ситуаций при заслушивании рефератов
Тема 3. Спектроскопические и другие оптические методы исследования	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнении лабораторных работ. Анализ ситуаций и решение задач при сдаче лабораторной работы
Тема 4. Методы разделения и концентрирования	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнении лабораторных работ. Устный опрос.
Тема 5. Хроматография	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнении лабораторных работ. Устный опрос

## 6.2. Информационные технологии

- применяются возможности Интернета в учебном процессе (возможностей электронной почты преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление учащихся с оценками и т.д.))

- при реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются следующие информационные технологии: виртуальная обучающая среда (или система управления обучением LMS Moodle «Электронное образование») или иные информационные системы, сервисы и мессенджеры

## 6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные систем

### 6.3.1. Программное обеспечение

- *Лицензионное программное обеспечение*

<i>Наименование программного обеспечения</i>	<i>Назначение</i>
<i>Платформа дистанционного обучения LMS Moodle «Электронное образование»</i>	<i>Виртуальная обучающая среда</i>

### 6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. <https://library.asu.edu.ru/catalog/> (Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»)

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Практикум по физико-химические методы исследования в химии» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержание связанных между собой разделов, тем.

**Таблица 6 - Соответствие разделов, тем дисциплины, результатов обучения по дисциплине и оценочных средств**

Контролируемый раздел, тема дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Тема 1. Введение. Классификация и характеристика методов анализа	ОПК-2, ОПК-3	Устный опрос.
Тема 2. Электрохимические методы исследования веществ	ОПК-2, ОПК-3	Отчеты по лабораторным работам 1-2. Реферат
Тема 3. Спектроскопические и другие оптические методы исследования	ОПК-2, ОПК-3	Отчеты по лабораторным работам 1-6. Решение задач.
Тема 4. Методы разделения и концентрирования	ОПК-2, ОПК-3	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос
Тема 5. Хроматография	ОПК-2, ОПК-3	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос. Контрольная работа

### 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

**Таблица 7 - Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

**Таблица 8 - Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений (для лабораторных работ)**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

### **7.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине**

#### **Тема 1. Введение. Классификация и характеристика методов анализа**

##### **1. Вопросы для устного опроса**

1. Чувствительность, точность, правильность методов анализа.
2. Расчет доверительного интервала для результатов анализа.
3. Аналитический сигнал. Свойства вещества. Получение аналитического сигнала.
4. Классификация методов химии по принципу получения аналитического сигнала.
5. Классификация инструментальных методов анализа.
6. Измерение аналитического сигнала.
7. Зависимость аналитического сигнала от количественного состава пробы.
8. Приёмы определения неизвестной концентрации в инструментальных методах анализа.
9. Метод градуировочного графика.
10. Метод стандартов (метод молярного свойства).
11. Метод добавок.
12. Инструментальное титрование.
13. Метрологические характеристики инструментальных методов анализа.

#### **Тема 2. Электрохимические методы исследования веществ**

##### **1. Отчет по лабораторной работе**

Лабораторная работа №1. Ионметрическое определение содержания металлов в растворе

Лабораторная работа №2. Определение pH (активной кислотности) сока

Лабораторная работа №3. Потенциометрическое титрование соляной кислоты щелочью

##### **2. Темы рефератов**

1. Кондуктометрические методы. Прямая кондуктометрия.
2. Кондуктометрическое титрование.
3. Потенциометрические методы анализа.
4. Ион-селективная потенциометрия.
5. Потенциометрическое титрование.
6. Вольтамперометрические виды анализа.
7. Полярография. Современные полярографические методы.

8. Амперометрическое титрование.
9. Электрогравиметрический анализ.

### Тема 3. Спектроскопические и другие оптические методы анализа

#### 1. Отчет по лабораторной работе

Лабораторная работа №1. Фотометрическое определение содержания хрома методом сравнения

Лабораторная работа №2. Фотометрическое определение цинка методом градуировочного графика

Лабораторная работа № 3. Определение железа (III) в растворах методом добавок

Лабораторная работа № 4. Фотометрическое определение марганца и хрома при их совместном присутствии

Лабораторная работа № 5. Фотометрическое определение цинка методом градуировочного графика

Лабораторная работа № 6. Анализ смеси красителей с непересекающимися спектрами на фотоколориметре

Лабораторная работа №7. Определение молекулярной рефракции спиртов

Лабораторная работа №8. Рефрактометрическое определение концентрации сахарозы в прозрачных сиропах

Лабораторная работа №9. Рефрактометрическое определение воды в меде

Лабораторная работа №10. Определение концентрации хлорид-ионов турбидиметрическим методом

#### 2. Решение задач

1. Коэффициент молярного поглощения комплекса  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  при 580 нм равен  $6 \cdot 10^3$ . Рассчитать оптическую плотность  $3 \cdot 10^{-5}$  моль/л раствора комплекса, измеренную при 580 нм в кювете с  $l = 2$  см.

2. Рассчитать минимально определяемую массу (в мг) железа (III) по реакции с сульфосалициловой кислотой в аммиачной среде при использовании кюветы с толщиной слоя  $l = 5$  см; объем окрашенного раствора  $V$  равен  $5 \text{ см}^3$ ; коэффициент молярного поглощения равен 4000; минимальная оптическая плотность, измеряемая прибором, составляет 0,01.

3. Для определения никеля в катализаторе гидрирования жиров навеску катализатора, равную 0,215 г, растворили, довели до метки в мерной колбе вместимостью  $200 \text{ см}^3$ . К  $10 \text{ см}^3$  этого раствора добавили тартрата калия-натрия, аммиак, персульфат аммония, диметилглиоксим, подогрели в течение 5 минут, охладили. По градуировочному графику определили, что в анализируемом растворе содержится 2,1 мг никеля. Определить массовую долю никеля в катализаторе.

4. При фотометрическом определении титана с хромотроповой кислотой в растворе, содержащем 0,45 мкг титана в 1 мл, в кювете с толщиной слоя 5 см было получено отклонение по шкале гальванометра 90 мкА. Для падающего светового потока отклонение по шкале гальванометра было 155 мкА. Определить молярный коэффициент поглощения окрашенного соединения, в котором на атом титана приходится молекула хромотроповой кислоты.

5. Молярный коэффициент поглощения комплекса бериллия с ацетилацетоном в хлороформе для волны 295 нм равен 31600. Какое минимальное содержание бериллия (в %) можно определить в навеске 1 г, растворенной в 50 мл, в кювете с толщиной слоя 5 см, принимая минимальный отсчет по шкале оптической плотности фотоколориметра 0,025? В окрашенном соединении на атом бериллия приходится молекула ацетилацетона.

6. При фотометрическом определении железа в воде по реакции с сульфосалициловой кислотой для стандартных растворов были получены следующие данные:

Содержание железа, %	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Отсчёт по шкале гальванометра $\Delta$	100	87,5	77,5	68,5	59,0	52,5

Построить калибровочные графики в системах координат  $\Delta - c$  и  $D - c$ . Вывести уравнение для второго графика и определить содержание железа по графикам и расчетным путем, если

отсчет по шкале гальванометра равен 71,5. По графику  $D - c$  оценить точность определения, если точность отсчета по шкале гальванометра 0,5 деления.

7. В спектре пробы между линиями железа  $\lambda_1 = 304,26$  нм и  $\lambda_2 = 304,58$  нм имеется еще одна линия. Вычислить длину волны этой линии  $\lambda_x$ , если на экране спектропроектора она удалена от первой линии железа на 1,5 мм, а от второй – на 2,4 мм.

8. Определить максимально допустимую ширину входной и выходной щели ( $b_{вх}$  и  $b_{вых}$ ) квантометра, позволяющую еще избежать наложения линий спектра основы на линию малой примеси серебра при анализе чистой меди с применением дуги постоянного тока. Предполагается, что в спектре пробы между линиями основы и серебра нет других линий. Обратная линейная дисперсия прибора  $D=13\text{Å}/\text{мм}$ , увеличение прибора 1,4.

9. Определить массовую долю марганца в % в стали, если при фотометрировании по методу 3-х эталонов были получены следующие данные:

Эталон	1	2	3
$C_{Mn}, \%$	1,20	0,94	0,48
$\Delta S$	0,47	0,39	0,17

Анализируемый образец имеет  $\Delta S_x = 0,3$ . Ответ: 0,04%.

10. При определении Cd в Si  $\Delta S = 0$  соответствовала  $w_0 = 1,05$  %, а для эталона с массовой долей  $w_1 = 5,62\%$   $\Delta S_1 = 0,54$ . Построить градуировочный график и определить  $w(Cd)$  в исследуемом образце, если  $\Delta S_x = 0,25$ .

11. При нефелометрическом определении бария были приготовлены суспензии  $BaSO_4$  из стандартного раствора с концентрацией бария 57,2 мкг/мл и раствора, анализируемого на содержание бария. Кажущаяся оптическая плотность равна соответственно 0,50 и 0,45. Рассчитать концентрацию бария в анализируемом растворе.

12. Для построения градуировочного графика при турбидиметрическом определении хлорид-ионов были приготовлены стандартные суспензии  $AgCl$  и измерена их кажущаяся оптическая плотность:

$C \cdot 10^{-5}(Cl^-), \text{мг/мл}$	2	5	10	15
$A_{\text{каж.}}$	0,075	0,200	0,400	0,600

Из пробы воды была приготовлена аналогично стандартным суспензия  $AgCl$  и измерена ее кажущаяся оптическая плотность, равная 0,45. Определить концентрацию  $NaCl$  в воде, мг/мл.

13. Из навески пирита массой 0,609г приготовили 250мл раствора, из 10мл которого после соответствующей обработки получили 100мл суспензии  $BaSO_4$  с оптической плотностью 0,55. Во второй аналогичной пробе после добавления 10мл стандартного раствора  $BaCl_2$  ( $T = 0,004702\text{г/мл}$ ) оптическая плотность суспензии  $BaSO_4$  возросла до 0,85. Определить массовую долю (%) серы в пирите.

14. Интенсивность люминесценции раствора 0,15 г селена составила 0,25 условных единиц. После добавления стандартного раствора, содержащего 50 мкг галлия, интенсивность люминесценции увеличилась до 0,75 условных единиц. Определить содержание галлия в селене (в %), если интенсивность люминесценции холостого раствора равна 0,05 условных единиц.

15. Различные объемы стандартного раствора, содержащего 1 мг меди в 1 мл, после обработки раствором люмогаллиона разбавили водой до 100 мл и измерили интенсивность их люминесценции. Были получены следующие результаты:

Объем стандартного раствора, мл	2	4	6	8	10
Интенсивность люминесценции, условные единицы	22	37	51	65	79

Навеску 1 г металла, содержащего следы меди, растворили в кислоте и разбавили раствор водой до 10 мл. Из 1 мл этого раствора получили 25 мл раствора, интенсивность люминесценции которого составила 43 условные единицы. Определить содержание меди в металле (в %).

#### Тема 4. Методы разделения и концентрирования

## 1. Отчет по лабораторной работе

Лабораторная работа 1. Экстракционно-фотометрическое определение анионных ПАВ в водах  
Лабораторная работа 2. Сорбционное концентрирование тяжелых металлов на природных сорбентах

## 2. Вопросы к устному опросу

1. Назовите основные виды концентрирования.
2. Что такое коэффициент распределения, степень извлечения, коэффициенты разделения?
3. При каких значениях коэффициентов разделения и коэффициентов распределения достигается количественное разделение веществ?
4. Чем отличаются гибридные методы анализа от комбинированных?
5. Дайте определение следующих понятий: экстракция, экстрагент, разбавитель, экстракт.
6. Какие условия необходимо создать для перехода вещества из водной фазы в органическую?
7. Укажите различия между константой и коэффициентом распределения.
8. Для какого типа частиц константа и коэффициент распределения обычно равны?
9. От каких факторов зависит степень извлечения вещества экстракционным методом? Каким образом степень извлечения связана с коэффициентом распределения?
10. Каким должен быть минимальный коэффициент распределения, обеспечивающий извлечение 95% растворенного вещества из 100,0 мл водного раствора экстракцией: 1) двумя порциями по 25,0 мл; 2) пятью порциями по 10,0 мл?
11. Перечислите основные способы осуществления экстракции.
12. Почему экстракция ионизированных органических соединений зависит от pH?
13. Назовите основные типы экстрагентов, используемых для извлечения ионов металлов, и группы экстрагирующихся соединений.
14. Что такое сверхкритический флюид? Какие сверхкритические флюиды чаще всего используют в методе сверхкритической флюидной экстракции?
15. Дайте определение следующих понятий: сорбция, сорбент, элюент.
16. Какие виды взаимодействия существуют между веществом и сорбентом?
17. В каких координатах строят изотермы сорбции?
18. Перечислите основные способы осуществления сорбции.
19. Сформулируйте критерии, по которым выбирают сорбенты для сорбционного концентрирования органических соединений. Приведите примеры таких сорбентов.
20. Сформулируйте критерии, по которым выбирают сорбенты для сорбционного концентрирования ионов металлов. Приведите примеры таких сорбентов.

## Тема 5. Хроматография

### 1. Отчет по лабораторной работе

Лабораторная работа №1. Хроматографическое разделение смеси ионов  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$

Лабораторная работа №2. Ионообменная хроматография. Умягчение жесткой воды

Лабораторная работа №3. Определение ионов методом ионообменной хроматографии

Лабораторная работа №4. Разделение красителей на бумаге

Лабораторная работа №5. Качественный анализ смеси ионов  $Cu^{2+}$  и  $Cd^{2+}$  методом хроматографии по бумаге

Лабораторная работа №6. Качественный и количественный анализ смеси органических веществ методом газо-жидкостной хроматографии

### 2. Вопросы к устному опросу

1. В чем сущность хроматографического разделения по методу: а) газоадсорбционной хроматографии; б) газожидкостной хроматографии; в) распределительной жидкостно-жидкостной

хроматографии; г) осадочной хроматографии; д) тонкослойной хроматографии; е) ионообменной хроматографии?

2. Каковы области применения, достоинства и недостатки методов адсорбционной хроматографии?

3. Какие требования предъявляются к адсорбентам и растворителям? Назовите наиболее распространенные растворители и адсорбенты в жидкостно-адсорбционной хроматографии.

4. Какие способы применяют для определения эффективности хроматографических разделений?

5. Каковы области применения, достоинства и недостатки методов газовой хроматографии?

6. Какие требования предъявляются к жидкой фазе в газожидкостной хроматографии? Какие вещества используют в качестве жидкой фазы, в качестве твердого носителя?

7. Дайте определения следующих понятий: а) высота хроматографического пика; б) ширина хроматографического пика; в) приведенный удерживаемый объем; г) общий удерживаемый объем.

8. В чем сущность качественного хроматографического анализа по величине удерживаемого объема?

9. В чем сущность методов количественного анализа: а) абсолютной калибровки; б) внутренней нормализации (нормировки); в) внутреннего стандарта?

10. В чем сущность ионообменной хроматографии?

11. В чем сущность распределительной хроматографии на бумаге? Дайте определение  $R_f$ .

12. На чем основан качественный анализ методами осадочной и распределительной хроматографии на бумаге?

13. Приведите примеры аналитических определений методами осадочной и распределительной хроматографии на бумаге, укажите основные способы измерений при количественных определениях.

14. Каковы области применения, достоинства и недостатки а) тонкослойной хроматографии; б) осадочной хроматографии; в) ионообменной хроматографии

### 3. Контрольная работа

#### ВАРИАНТ 1

1. Через колонку с катионитом в  $H^+$  – форме пропущено 200.0 мл раствора, содержащего 2.3500 г технического медного купороса. На нейтрализацию кислоты в каждой порции фильтрата по 50.00 мл затрачено 47.50 мл 0.0920 М раствора КОН. Определить массовую долю меди в растворенной навеске медного купороса.

2. Навеску 2.0000 г образца, содержащего  $NaNO_3$ , растворили в 100.0 мл воды. 10.00 мл этого раствора пропустили через колонку с катионитом в  $H^+$  – форме, а элюат оттитровали 15.00 мл раствора NaOH с концентрацией  $4 \cdot 10^{-3}$  г/мл. Рассчитать массовую долю  $NaNO_3$  в образце.

3. Рассчитать удельный удерживаемый объем ксилола, если его приведенное расстояние удерживания на хроматограмме равно 15 мм при скорости движения диаграммной ленты 600 мм/ч, расходе газаносителя 30 мл/мин., температуре хроматографической колонки 90 °С и массе неподвижной фазы, равной 4 г.

4. При газохроматографическом определении ацетона в смеси, массой 10.5600 г, в качестве внутреннего стандарта использовали метилэтилкетон в количестве 1.0500 г. Определить массовую долю (%) ацетона по следующим данным:

Компонент	ацетон	метилэтилкетон
Площадь пика, мм <sup>2</sup>	100	95
Поправочный коэффициент	0.82	1.79

#### ВАРИАНТ 2

1. Какая масса кобальта останется в растворе, если через колонку, заполненную 5 г катионита, пропустили 200.0 мл раствора  $CoSO_4$  с концентрацией 0.05 моль/л? Полная динамическая обменная емкость катионита в данных условиях разделения равна 1.6 мэкв/г.

2. Навеску 1.5000 г образца, содержащего  $MgCl_2$ , растворили в 200.0 мл воды. 20.00 мл этого раствора пропустили через колонку, заполненную катионитом в  $H^+$  – форме, а элюат оттитровали 12.50 мл  $KOH$  с концентрацией 5.6 мг/мл. Рассчитать массовую долю  $Mg$  в образце.
3. Рассчитать массовую долю ацетона и этанола в пробе, если высота и полуширина пиков этих компонентов на полученной хроматограмме равны, соответственно: 60 мм и 2 мм; 90 мм и 3 мм.
4. Рассчитать время удерживания компонента, элюирующегося из колонки с 200 т.т. при скорости движения диаграммной ленты 720 мм/ч, если полуширина хроматографического пика составляет 3 мм.

### **Перечень вопросов и заданий выносимых на экзамен**

1. Чувствительность, точность, правильность методов анализа. Расчет доверительного интервала для результатов анализа.
2. Аналитический сигнал. Свойства вещества. Получение аналитического сигнала. Классификация методов химии по принципу получения аналитического сигнала. Классификация инструментальных методов анализа.
3. Измерение аналитического сигнала. Зависимость аналитического сигнала от количественного состава пробы. Приёмы определения неизвестной концентрации в инструментальных методах анализа. Метод градуировочного графика. Метод стандартов (метод молярного свойства). Метод добавок. Инструментальное титрование. Метрологические характеристики инструментальных методов анализа.
4. Эмиссионный спектральный анализ. Возбуждение, наблюдение и регистрация линий спектра. Интенсивность спектральной линии. Качественный анализ. Зависимость интенсивности излучения от концентрации. Формула Ломакина – Шайбе. Количественный анализ.
5. Фотометрия пламени. Источники возбуждения излучения. Процессы в пламени. Подавление ионизации и учет анионного эффекта. Блок-схема прибора. Методы калибровочного графика и добавок. Области применения. Достоинства и недостатки метода.
6. Атомно-абсорбционный анализ. Резонансное поглощение атомов. Блок-схема прибора. Источники излучения и способ атомизации анализируемого вещества. Зависимость оптической плотности от концентрации вещества. Чувствительность, селективность, универсальность, экспрессность метода.
7. Молекулярно-абсорбционный анализ. Происхождение окраски аналитических форм. Спектрофотометрическая кривая. Интегральный, средний и максимальный коэффициенты светопоглощения. Закон Бугера – Ламберта – Бера. Оптическая плотность и пропускание. Физические и химические причины отклонений от закона светопоглощения. Влияние различных факторов на величину оптической плотности. Избирательность анализа, маскировка примесей.
8. Экстракционный фотометрический метод.
9. Спектрофотометры и фотоколориметры. Методы фотометрического анализа (уравнивание и сравнение интенсивностей световых потоков). Методы калибровочного графика и добавок. Дифференциальная фотометрия, ее преимущества.
10. Фотометрия светорассеивающих систем. Турбидиметрия и нефелометрия. Фотометрическое и турбидиметрическое титрование.
11. Флуориметрический анализ. Сущность явления флуоресценции. Закономерности флуоресценции. Правило Стокса. Закон Вавилова. Факторы, влияющие на интенсивность флуоресценции, концентрационное тушение. Принципиальная схема осуществления флуориметрических измерений. Качественный и количественный анализ. Чувствительность и воспроизводимость анализа при флуориметрических измерениях.
12. Колебательная спектроскопия. Общие представления о видах аналитических задач, решаемых в ИК-спектроскопии. Качественный и количественный анализ по ИК-спектрам.
13. Кондуктометрические методы. Зависимость электропроводности раствора от различных факторов. Прямая кондуктометрия. Возможности метода. Кондуктометрическое титрование. Принципиальная схема установки для кондуктометрического анализа. Высокочастотное титрование. Сущность и особенности метода.

14. Потенциометрические методы анализа. Системы электродов. Мембранные электроды, их разновидности. Строение стеклянного электрода и зависимость его потенциала от рН. Ион-селективная потенциометрия.
15. Потенциометрическое титрование. Индикаторные электроды. Интегральные и дифференциальные кривые титрования. Автоматическое потенциометрическое титрование. Возможности и недостатки потенциометрии.
16. Вольтамперометрические виды анализа. Полярография. Принципиальная схема полярографа. Система электродов. Ртутный капельный и твердые электроды. Области применения. Полярограммы. Предельный диффузионный ток. Уравнение Ильковича. Уравнение полярографической волны. Потенциал полуволны. Уравнение Гейровского.
17. Амперометрическое титрование. Сущность метода. Принципиальная схема амперометрической установки. Выбор системы электродов.
18. Электрогравиметрический анализ. Общая характеристика метода. Процессы на электродах. Условия электроосаждения. Требования, предъявляемые к осадкам. Внутренний электролиз. Практическое использование метода электрогравиметрии.
19. Классификация хроматографических методов. Фронтальный, элюентный и вытеснительный методы осуществления хроматографического разделения. Хроматограммы (выходные кривые). Зависимость формы выходных кривых от вида изотерм адсорбции.
20. Газовая хроматография. Ее разновидности. Принципиальная схема газового хроматографа. Детекторы. Их классификация. Неподвижная фаза, природа взаимодействия анализируемого вещества с неподвижной фазой. Оптимальный режим хроматографирования. Уравнение Ван-Деемтера. Идентификация в газовой хроматографии.
21. Качественный анализ. Индексы удерживания. Количественный анализ. Методы нормировки, абсолютной градуировки, внутреннего стандарта. Поправочные коэффициенты. Возможности газовой хроматографии.
22. Жидкостная хроматография. Ионнообменная колоночная хроматография. Ионнообменное равновесие. Константа ионного обмена, уравнение Никольского. Выходная кривая сорбции, динамическая обменная емкость ионита. Классификация ионнообменников. Сорбционные ряды. Применение ионного обмена для очистки, концентрирования и разделения в анализе.
23. Плоскостная хроматография. Распределительная бумажная хроматография. Подвижные фазы. Одномерная, двумерная, круговая бумажная хроматография. Качественный анализ. Коэффициент движения  $R_f$ . Эффективность бумажной хроматографии. Проявление пятен. Количественный анализ. Тонкослойная хроматография. Виды неподвижной фазы. Особенности осуществления процесса разделения, идентификации и определения количества анализируемого вещества.
24. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Принципиальная схема жидкостного хроматографа высокого давления. Типы детекторов. Неподвижные фазы: нормальные и обращенные. Элюенты. Фактор емкости, его физический смысл. Эффективность разделения. Уравнение Снайдера. Градиентное элюирование. Связь между эффективностью, селективностью и емкостью колонки. Достоинства и ограничения метода.

**Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов**

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием				
1.	Задание закрытого типа	<i>выберите один правильный вариант ответа</i> Метод, основанный на измерении потенциала электрода в анализируемом растворе и по-	4	1

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		<p>сле введения известного объёма стандартного раствора, называется</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) метод градуировочного графика</li> <li>2) метод градуировки электрода</li> <li>3) метод стандартов</li> <li>4) метод добавок</li> </ol>		
2.		<p><i>выберите все правильные варианты ответов</i></p> <p>Для чего калибруют рН-метр стандартными буферными растворами</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) снижения влияния жидкостного внутреннего контакта</li> <li>2) усиления влияния жидкостного внутреннего контакта</li> <li>3) снижения влияния различия состава и структуры наружного и внутреннего гидрогелей мембраны</li> <li>4) усиления влияния потенциала асимметрии</li> </ol>	1,3	1
3.		<p><i>выберите один правильный вариант ответа</i></p> <p>В ионометрии роль сильного электролита при использовании метода градуировочного графика заключается в</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) поддержании постоянства ионной силы раствора</li> <li>2) более быстром установлении потенциала</li> <li>3) обеспечении электрической проводимости раствора</li> </ol>	1	1
4.		<p><i>выберите один правильный вариант ответа</i></p> <p>В какой области светопоглощения (светопропускания) относительная ошибка фотометрических измерений меньше 2 %?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) в области светопропускания от 25 до 70 %;</li> <li>б) в области светопоглощения от 0,1 до 2;</li> <li>в) в области светопропускания от 0 до 100 %;</li> <li>г) в области светопоглощения от 0,1 до 1.</li> </ol>	г	1

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
5.		<i>выберите один правильный вариант ответа</i> Какая волновая характеристика излучения является мерой его интенсивности? а) длина волны; б) амплитуда; в) частота колебаний; г) волновое число.	б	1
6.	Задание открытого типа	<i>запишите развернутый ответ</i> Опишите основные этапы фотометрического титрования (косвенной фотометрии).	Фотометрическое титрование выполняется в три этапа: - измерение оптической плотности исследуемой системы в процессе титрования; - построение кривой фотометрического титрования и определение эквивалентного объема титранта; - расчет концентрации анализируемого вещества по значению эквивалентного объема титранта.	2-4
7.		<i>запишите развернутый ответ</i> Опишите методику выбора светофильтра в фотоколориметрии однокомпонентного раствора.	Выбор светофильтра в фотоколориметрии однокомпонентного раствора основан на измерении оптической плотности раствора с различными светофильтрами. По полученным данным выбирается светофильтр, для которого оптическая плотность максимальна.	2-3
8.		<i>запишите развернутый ответ</i> Сопоставьте чувствительность ААС и молекулярно-абсорбционной спектроскопии (МАС).	Чувствительность ААС выше молекулярно-абсорбционной спектроскопии, так как коэффициент атомной абсорбции ( $k$ ) значительно выше молярного коэффициента поглощения ( $\epsilon$ ).	3-5
9.	Задание комбинированного типа	<i>выберите все правильные варианты ответов и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</i> Какой тип излучение резонансное или монохроматиче-	В ААС используется резонансное излучение, так как его спектр максимально приближен к атомарному спектру исследуемого элемента,	5-6

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		ское используется в ААС резонансное? Аргументируйте свой ответ.	что гарантирует эффективное поглощение света и обеспечивает высокую точность измерений. Монохроматическое излучение в ААС не применяется, так как спектральные полосы монохроматического излучения значительно шире спектральных линий атомов ( $10^{-4}$ - $10^{-5}$ нм), что затрудняет абсорбцию света	
10.		<i>выберите все правильные варианты ответов и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</i> При каких значениях ВЭТТ достигается высокая эффективность хроматографической колонки? 1) при малых; 2) при больших; 3) в обоих случаях Выберите верный ответ и аргументируйте его.	1 Чем меньше величина ВЭТТ, тем менее размыта зона (полоса) отделяемого компонента при его выходе из колонки. В оптимальном случае величина ВЭТТ часто не превышает ~1,5 мм, хотя может быть и несколько большей	5-6
11.		<i>запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</i> На хроматограмме пентана и гексана время удерживания соединений соответственно 37 и 54 с. Ширина пиков на половине высоты равнялась 4,7 с для пентана и 6,8 с для гексана. Рассчитать степень разделения компонентов $K_1$ . Поясните полученный результат.	Решение: степень разделения рассчитывается по формуле: $K_1 = \frac{V_{R,2} - V_{R,1}}{\mu_{0,5(1)} + \mu_{0,5(2)}}$ Подставляя в формулу данные из условия задачи, получаем: $K_1 = \frac{54 - 37}{4,7 + 6,8} = 1,5$ Ответ: степень разделения равна 1,5. Компоненты будут хорошо разделяться.	5-6
ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники				
12.	Задание закрытого типа	<i>выберите один правильный вариант ответа</i> Какой СМА не может быть использован для определения качественного состава вещества? а) атомно-эмиссионная спектроскопия; б) молекулярно-абсорбционная ИК-спектроскопия;	г	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		г) фотоколориметрия; д) спектрофотометрия.		
13.		<i>выберите один правильный вариант ответа</i> Какой СМА обладает высокой чувствительностью и селективностью? а) атомно-абсорбционная спектроскопия; б) молекулярно-абсорбционная спектроскопия; г) фотоколориметрия; д) атомно-эмиссионная спектроскопия.	а	2
14.		<i>выберите один правильный вариант ответа</i> Какие СМА основаны на излучении света? а) фотоколориметрия; б) спектрофотометрия; г) атомно-абсорбционная спектроскопия; д) атомно-эмиссионная спектроскопия.	д	2
15.		<i>выберите все правильные варианты ответов</i> Какие оптические явления подтверждают квантовую (корпускулярную) природу электромагнитного излучения? а) интерференция; б) давление света; г) светорассеяние; д) фотоэффект.	б, д	2
16.		<i>выберите один правильный вариант ответа</i> Какой вид оптического излучения обладает наибольшей энергией? а) ИК; б) видимое излучение; в) УФ.	в	2
17.	Задание открытого типа	<i>запишите развернутый ответ</i> Какие оптические явления подтверждают квантовую (корпускулярную) природу электромагнитного излучения? Перечислите оптические явления, подтверждающие волно-	Квантовую природу электромагнитного излучения подтверждают явления фотоэффекта, светопоглощения и давления света. Волновую природу электромагнитного излучения под-	2-4

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		вую природу электромагнитного излучения.	тверждают явления интерференции и дифракции.	
18.		<i>запишите развернутый ответ</i> Назовите оптический диапазон электромагнитного излучения и укажите его составляющие.	Оптический диапазон электромагнитного излучения составляет от 200 до 1100 нм и включает УФ, видимое, ИК излучение	2-4
19.		<i>запишите развернутый ответ</i> Дайте определение электромагнитного излучения.	Электромагнитное излучение – это вид энергии, которая распространяется со скоростью света ( $U=3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ) и имеет корпускулярно-волновую природу.	2-4
20.		<i>запишите развернутый ответ</i> Как соотносятся значения энергии вращения молекул, колебаний атомов и электронных переходов?	Соотношение значений энергий вращения молекул, колебаний атомов и электронных переходов составляет 1 :100 :1000.	2-4
21.	Задание комбинированного типа	<i>запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</i> Какова природа испускания и поглощения рентгеновского излучения? Объясните природу поглощения ИК излучения.	Испускание и поглощение рентгеновского излучения происходит в результате перемещения электронов на внешних и внутренних энергетических подуровнях. При поглощении веществом ИК излучения световая энергия переходит в энергию колебания атомов и вращательного движения молекул	5-6
22.		<i>выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</i> От чего не зависит молярный коэффициент поглощения? а) от температуры; б) от природы поглощающего вещества; в) от длины волны падающего света; г) от концентрации.	Г Молярный коэффициент является фундаментальной физико-химической константой, характеризующей способность вещества поглощать свет на определенной длине волны. Его независимость от концентрации – это ключевое свойство, обусловленное его определением и природой взаимодействия света с веществом.	3-5

#### 7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Текущий и внутрисеместровый контроль, промежуточная аттестация учебных достижений студентов проводится путем балльно-рейтинговой системы. Общая оценка учебных достижений студента в семестре по учебному курсу определяется как сумма баллов, полученных студентом по различным формам текущего и промежуточного контроля в течение данного семестра. Итоговой формой отчетности является экзамен, поэтому балльная оценка распределяется на две составляющие: семестровую (текущий контроль по учебной дисциплине в течение семестра) – 50 баллов и экзаменационную – 50 баллов. 50 баллов семестрового контроля состоят из 40 баллов, полученных на различных формах текущего контроля, и 10 баллов, включающих различного рода бонусы (отсутствие пропусков занятий, активная работа в течение семестра).

**Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине**

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
<b>Основной блок</b>				
1	<i>Отчеты по лабораторным работам</i>	10/2	20	по расписанию
2	<i>Защита реферата</i>	1/4	4	по расписанию
3	<i>Выполнение решения задач</i>	1/5	5	по расписанию
4	<i>Контрольная работа</i>	1/5	5	по расписанию
5	<i>Устные опрос</i>	3/2	6	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>40</b>	-
<b>Блок бонусов</b>				
6	<i>Посещение занятий</i>	0,2	3	по расписанию
7	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>	0,3	3	по расписанию
8	<i>Творческий подход к выполнению заданий</i>	0,1	4	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>10</b>	-
<b>Дополнительный блок</b>				
9	<b>Экзамен</b>		<b>50</b>	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>50</b>	-
<b>ИТОГО</b>			<b>100</b>	-

**Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)**

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-0,5
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-0,5
<i>Неготовность к занятию</i>	-3
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-1

**Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)**

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено
Ниже 60		

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Основная литература**

1. Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии: Доп. М-вом образования РФ в качестве учеб. для вузов. - М. : Мир, 2003. - 683 с. - (Методы в химии). - ISBN 5-03-003470-6: 377-00, 379-63, 205-26 : 377-00, 379-63, 205-26. (31 экз.)
2. Руанет В.В. Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970439449.html> (ЭБС «Консультант студента»)

### **8.2. Дополнительная литература**

1. Александрова Т.П., Физико-химические методы анализа. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228504.html> (ЭБС «Консультант студента»)
2. Васильев, В.П. Аналитическая химия. В 2-х кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа : Рек. М-вом образования РФ в качестве учеб. для вузов. - 4-е изд. ; стереотип. - М. : Дрофа, 2004. - 384 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 5-7107-8746-9 (кн. 2): 67-83, 134-00 : 67-83, 134-00. (23 экз.)
3. Физико-химические методы анализа. Учебно-методическое пособие /О. С. Садомцева, В.В. Шакирова, В.В. Уранова. – Астрахань : Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2015. – 116 с.
4. Ярышев Н.Г., Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе. М.: Прометей, 2015. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785990613461.html> (ЭБС «Консультант студента»)

### **8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)**

1. Электронная библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента»: [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает в себя лекционную аудиторию, лабораторию по проведению лабораторного практикума. Лабораторный практикум обеспечен химическими реактивами, лабораторной посудой и учебно-научным оборудованием: весы электронные, спектрофотометры ПЭ 5400, ПЭ2300; анализаторы жидкостей рН-метры «Эксперт-001», ионоселективные электроды, центрифуга ОПН-3 с ротором, магнитные мешалки, рефрактометр, термостат "ТС-80"М2, микросмеситель ПЭ-0137 1.75.45.0032, Аквадистиллятор ДЭ-4(с ЗИПом), шкаф вытяжной ШВ-202 ПАОТ, малая раковина, КО1-04. Проведение лабораторных занятий сопряжено с применением компьютеров для выполнения поисковой работы, вычислений и работе в информационных системах.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для

инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).