

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра химии**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР и КО

\_\_\_\_\_ Льянова С.А.

« 29 » \_\_\_\_\_ июня \_\_\_\_\_ 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ХРОМАТОГРАФИЯ**

**Факультет:** химико-биологический

**Направление подготовки /специальность:** 04.04.01 Химия

**Направленность (профиль) подготовки:** «Физическая химия»

**Программа подготовки:** академическая магистратура

**Квалификация (степень) выпускника:** Магистр

**Форма обучения:** очная

**МАГАС  
2023**

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Хроматография» являются:

- формирование у магистрантов целостного представления о хроматографических методах анализа; ознакомление с современным состоянием методов хроматографии;
- формирование знаний для рационального подхода к использованию хроматографии в анализе химических соединений.

.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Хроматография» относится к дисциплинам по выбору; изучается во 2 семестре; является альтернативной дисциплине «Адсорбция и поверхностные явления».

Основой для ее освоения являются знания, умения и навыки, получаемые в процессе изучения базовых дисциплин: «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Физические методы исследования», «Физика», «Математика».

Таблица 2.1.

**Связь дисциплины «Хроматография» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Хроматография»	Семестр
Б1.В.03	Статистическая термодинамика конденсированных систем	1
Б1.В.05	Термодинамика и молекулярно-кинетическая теория необратимых процессов	1
Б1.В.ДВ.03.01	Основные методы химического анализа	1

**Таблица 2.2.**

**Связь дисциплины «Хроматография» с последующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Хроматография»	Семестр
Б1.О.04	Химическая динамика элементарных процессов, катализ.	3
Б1.В.01	Современные проблемы физической химии	3
Б1.В.ДВ.04.01	Химическая кинетика и механизмы химических реакций	3

**В результате освоения дисциплины магистрант должен**

**Знать:**

- методы хроматографического анализа и как их можно применять в зависимости от поставленной аналитической задачи;
- основные понятия и законы, лежащие в основе аналитической химии;
- основные литературные источники и справочную литературу по хроматографическим методам анализа.
- методы разделения веществ (химические, хроматографические, экстракционные);
- основные литературные источники, справочную литературу по аналитической химии.

**Уметь:**

- выбирать оптимальный метод качественного и количественного анализа вещества;
- проводить лабораторные опыты, объяснять суть конкретных реакций и их аналитические эффекты, оформлять отчетную документацию по экспериментальным данным.

**Владеть:**

- техникой химических экспериментов, проведения пробирочных реакций, навыками работы с химической посудой и простейшими приборами;
- простейшими операциями при выполнении качественного и количественного анализа веществ;

- навыками по проведению систематического анализа неизвестного соединения;
- методами статистической обработки экспериментальных результатов.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

- а) универсальных (УК) – УК-6
- б) профессиональных (ПК) - ПК-3

**Таблица 3.1.**

**Матрица связи компетенций, формируемых на основе изучения дисциплины «Хроматография», с временными этапами освоения ее содержания**

Коды компетенций (ФГОС)	Компетенция	Семестр изучения
УК-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	2
ПК-3	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работы выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук	2

### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

**Таблица 4.1.**

Вид учебной работы	Всего часов	2 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	108	108

Аудиторные занятия	68	68
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Самостоятельная работа студентов (СРС)	40	40

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

**Таблица 5.1.**  
**Структура и содержание дисциплины**

п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (час)				Формы контроля
			Лекции	Лабо- ратор- ные работы	Самос- тояте- льные работы		
1.	Основные понятия и определения	2	4	4	4		
2	Теоретические основы хроматографии	2	6	6	8		Опрос
3	Газовая хроматография	2	6	6	8		Коллоквиум
4	Жидкостная хроматография	2	6	6	8		Опрос
5	Сверхкритическая флюидная хроматография	2	6	6	6		Коллоквиум
6.	Электросепарационные методы	2	6	6	6		
	<b>Итого:</b>		<b>34</b>	<b>34</b>	<b>40</b>		

**Таблица 5.2.**

**Конкретизация результатов освоения дисциплины**

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Универсальные компетенции (УК) и индикаторы их достижения:			
УК-6.	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания;	<b>Знать:</b> свои личностные особенности и ресурсы <b>Уметь:</b> адекватно оценивать свои способности и возможности с соответствием конкретной ситуации <b>Владеть:</b> навыками самодиагностики личностных коммуникативных способностей в деловом взаимодействии
		УК-6.2 Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности	<b>Знать:</b> способы самосовершенствования своей деятельности с учетом своих личностных, деловых, коммуникативных качеств. <b>Уметь:</b> определять приоритеты личностного и профессионального роста. <b>Владеть:</b> приемами целеполагания и планирования своей профессиональной
		УК-6.3 Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда	<b>Знать:</b> возможные варианты решения типичных задач. <b>Уметь:</b> использовать инструменты непрерывного самообразования. <b>Владеть:</b> методиками саморазвития и самообразования
Профессиональные компетенции (ПК) и индикаторы их достижения			

<b>ПК-3</b>	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения продолжения работы в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	<b>ПК-3.1.</b> Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными. <b>ПК-3.2.</b> Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	<b>Знать:</b> принципы работы на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований. <b>Уметь:</b> работать на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований, выбирать средства измерений, методику анализа, оценивать уровень загрязнений; анализировать современные материалы и средства регистрации информации; делать выбор средств и материалов регистрации информации при проведении научных исследований. <b>Владеть:</b> навыками выбора оптимального метода исследования функциональных материалов в зависимости от объема и целей исследования для решения поставленных задач на основании анализа и сопоставления всей совокупности имеющихся данных
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Содержание дисциплины

### 1. Основные понятия и определения

Сущность хроматографического метода. История его возникновения. Современное состояние метода и области применения, значение и место среди других аналитических методов. Режим хроматографических процессов: фронтальный, вытеснительный, элюентный. Классификация хроматографических методов по агрегатному состоянию фаз, механизму взаимодействия сорбат-сорбент, применяемой технике, способу относительного перемещения фаз.

### 2. Теоретические основы хроматографии

Основные характеристики хроматографического процесса. Коэффициент распределения. Удерживаемый объем и время удерживания. Коэффициент емкости. Коэффициент удерживания, его физический смысл. Селективность и эффективность хроматографического разделения. Коэффициент разделения. Разрешение.

Теория равновесной хроматографии. Связь скорости перемещения вещества вдоль слоя неподвижной фазы с коэффициентом распределения и изотермой сорбции. Зависимость формы хроматографического пика от вида изотермы сорбции.

Размывание хроматографической зоны и его физические причины. Неравновесная хроматография. Основы концепции теоретических тарелок, связь с противоточным распределением. Число теоретических тарелок и эффективность колонки. Понятие ВЭТТ. Недостатки концепции теоретических тарелок.

Кинетические теории хроматографии. Факторы, влияющие на размывание зон (вихревая диффузия, молекулярная диффузия, сопротивление массопередачи в подвижной и неподвижной фазах). Зависимость ВЭТТ от скорости потока. Уравнение Ван-Деемтера. Принципиальная схема хроматографа. Выбор параметров

хроматографического определения. Идентификация веществ. Количественный анализ. Измерение площадей и высот пиков. Методы внутреннего и внешнего стандартов. Источники ошибок, воспроизводимость измерений.

### **3. Газовая хроматография**

Принцип метода. Теоретические основы метода. Определяемые вещества. Основные аналитические характеристики. Газо-адсорбционная и газо-жидкостная хроматография.

Аппаратура для газовой хроматографии. Хроматографические колонки, термостаты, детекторы. Классификация детекторов и их важнейшие характеристики (линейность, чувствительность, отношение сигнал/шум, предел обнаружения). Программирование температуры.

Газы-носители, адсорбенты и неподвижные фазы, требования к ним. Модифицирование носителей. Реакционная газовая хроматография. Высокоэффективная капиллярная хроматография. Примеры применения.

Качественный газо-хроматографический анализ. Идентификация веществ на основе величины удерживания. Метод тестеров. Индексы удерживания Ковача. Источники погрешностей при их определении. Методика количественной газовой хроматографии.

Хромато-масс-спектрометрия. Области применения.

### **4. Жидкостная хроматография**

Принцип метода. Определяемые вещества. Аналитические характеристики современной высокоэффективной хроматографии (ВЭЖХ). Аппаратура для жидкостной хроматографии. Жидкостные хроматографы (колоночные, капиллярные). Насосы. Вводы проб. Колонки. Детекторы и их выбор. Подготовка пробы.

**Адсорбционная хроматография.** Основные представления о механизме жидкостной адсорбционной хроматографии (ЖАХ): роль химии поверхности адсорбента и природы жидкой подвижной фазы. Силикагель, его структура и химия поверхности. Модифицированные силикагели, принципы их получения и свойства. Оксид алюминия и другие сорбенты в ЖАХ. Требования к ним. Подвижная фаза (элюент) и требования к ней. Элюирующая сила подвижной фазы, элюотропные ряды. Влияние природы и состава элюента на селективность разделения в ЖАХ. Изократическое и градиентное элюирование. Влияние температуры на элюирование.

Нормально-фазовая ЖАХ на силикагеле. Модели удерживания и типы взаимодействия сорбата с поверхностью сорбента. Роль воды. Области применения нормально-фазовой ЖАХ.

Обращенно-фазовая хроматография на модифицированных сорбентах. Механизмы удерживания. Сольвофобная теория удерживания. Влияние структуры сорбатов на удерживание (дипольный момент, поляризуемость, объемы молекул, площадь гидрофобной поверхности). Влияние соотношения полярных и неполярных групп, внутримолекулярных связей и распределения электронной плотности в молекулах сорбата на их удерживание. Применение обращенно-фазовой ВЭЖХ.

**Ионообменная хроматография.** Сущность метода. Основные представления о механизме ионного обмена. Ионообменное равновесие. Константа равновесия, селективность, фактор разделения. Ряды селективности. Кинетика ионного обмена. Ионный обмен в неводных и смешанных средах.

Неорганические и органические ионообменники, их классификация. Комплексообразующие сорбенты. Физико-химические свойства ионообменников



(обменная емкость, набухание, термическая и реакционная устойчивость). Синтез ионообменников.

Ионный обмен в колонках. Применение в анализе. Определение общей солевой концентрации, концентрирование микропримесей из разбавленных растворов. Разделение элементов с близкими химическими свойствами и аминокислот.

**Ионная хроматография.** Основы ионной хроматографии (ИХ). Сорбенты, требования к ним. Синтез сорбентов. Выбор сорбентов, размер частиц, матрица, функциональные группы. Время удерживания иона, его связь с коэффициентом селективности, обменной емкостью, объемом сорбента. Элюенты. Состав и элюирующая способность. Влияние pH и концентрации элюента на удерживание ионов. Аппаратура для ИХ, способы детектирования. Двухколоночная и одноколоночная ионная хроматография. Условия определения анионов и катионов. Примеры применения ИХ в анализе смесей неорганических и органических анионов и катионов.

**Ион-парная хроматография.** Сущность метода. Нормально-фазовая и обращенно-фазовая ион-парная хроматография. Применение в анализе органических и неорганических соединений.

**Эксклюзионная хроматография.** Сущность метода. Особенности механизма удерживания молекул. Области применения.

**Лигандобменная хроматография.** Сущность метода. Сорбенты и подвижные фазы для разделения аминов и аминокислот.

**Жидкость-жидкостная (распределительная) хроматография.** Основы метода. Коэффициент распределения, факторы, влияющие на его величину. Носители, подвижные фазы, требования к ним. Подвижные фазы. Противоточная хроматография. Примеры применения.

**Тонкослойная и бумажная хроматография.** Теоретические основы методов. Величина  $R_f$ , ее связь с коэффициентом распределения. Методы определения этой величины. Факторы на нее влияющие. Бумага для хроматографии, подложки, сорбенты для тонкослойной хроматографии (ТСХ). Растворители для бумажной и тонкослойной хроматографии.

Техника получения хроматограмм: восходящая, нисходящая, одномерная, двумерная и круговая. Электрофоретическая бумажная хроматография. Методы качественного и количественного анализа. Высокоэффективная ТСХ. Области применения.

## **5. Сверхкритическая флюидная хроматография**

Сущность метода. Сверхкритические флюиды, основные их свойства (плотность, вязкость, коэффициент диффузии). Колонки, области применения. Сравнение методов ВЭЖХ, газовой и сверхкритической флюидной хроматографии.

## **6. Электросепарационные методы**

Основные принципы электросепарационных разделений. Варианты методов: капиллярный зонный электрофорез, капиллярный изотахофорез, капиллярный гель-электрофорез, капиллярное изоэлектрофокусирование, мицеллярная электрокинетическая хроматография и капиллярная электрохроматография. Физико-химические основы. Аппаратура. Детекторы. Модифицирование капилляра. Области применения.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются традиционные образовательные технологии (лекции, семинары, практические работы) и активные инновационные образовательные технологии:

1. Семинар в диалоговом режиме применяется в основном при обсуждении выступлений студентов с докладами (рефератами)
2. Групповой разбор результатов контрольных работ
3. Встречи с сотрудниками и руководителями профильных лабораторий и предприятий - потенциальными работодателями выпускников.

В целом при изучении курса активные и интерактивные формы проведения занятий составляют не менее 30% аудиторных занятий.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Перечень-учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине:

1. Основы аналитической химии. В 2-х кн. /Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш. шк., 2005.
2. Стыскин Е.Л., Ициксон Л.Б., Брауде Е.В. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография. М.:Химия, 1986. 288 с.
3. Айвазов Б.В. Основы газовой хроматографии. М.: Высшая школа, 1977. 150 с.

Лекционные занятия проводятся 1 раз в неделю в объеме 1 часа и 1 часа практических занятий во 2-ом семестре. После окончания изучения каждой темы магистранты проходят тестирование, выполняют контрольные работы.

### 7.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины Таблица 7.1.

#### Содержание самостоятельной работы обучающихся

№№ п/п	Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
1.	Основные понятия и определения	4	собеседование

2.	Теоретические основы хроматографии	8	собеседование
3.	Газовая хроматография	8	собеседование
4.	Жидкостная хромато-графия	8	собеседование
5.	Сверхкритическая флю-идная хроматография	6	собеседование
6.	Электросепарационные методы	6	собеседование

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Вопросы для собеседования

- Хроматографические методы анализа. Принцип метода. Классификация хроматографических методов анализа. Приемы хроматографирования.
- Газовая хроматография. Сущность метода, применение.
- Жидкостная хроматография, высокоэффективная жидкостная хроматография. Сущность метода, применение.
- Распределительная хроматография. Ионообменная хроматография (иониты).
- Адсорбционная хроматография. Сущность метода, применение
- Бумажная хроматография. Молекулярно-ситовая хроматография. Сущность методов.
- Аффинная (биоспецифическая) хроматография. Сущность метода, применение.
- Применение хроматографического метода в современных биологических исследованиях.

### *Примерные варианты тестов*

**1. Вещество переходит из одной жидкости в другую при**

1. твердо-жидкофазной экстракции
2. жидко-жидкофазной экстракции
3. адсорбции
4. сепарации

**2. Разделение веществ, при котором биомасса всплывает на поверхности культуральной жидкости**

1. фильтрация
2. флотация
3. сепарация

**3. Карбоксиметилцеллюлоза - это**

1. катионит
2. анионит

**4. Ионообменная хроматография является частным случаем хроматографии**

1. бумажной
2. пластиночной
3. колоночной

**5. Основоположник хроматографии**

1. Сведберг
2. Йенсен
3. Цвет

***Критерии оценки ответа студента при выполнении тестовых заданий***

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется магистранту, если он глубоко и прочно освоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется магистранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не

	допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется магистранту, если он имеет знания только основного характера, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при обосновании ответа.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется магистранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, имеет затруднения при ответе на вопросы и обосновании ответов. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится магистрантам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### ***Кейс-задание***

В основе концепции метода конкретных ситуаций (кейс-метода) является практическое занятие, нацеленное на формирование у студентов профессиональных качеств руководителя технологического процесса, навыков и умений через моделирование практических действий в условиях учебного занятия.

Производственная ситуация (кейс) – это эффективный способ моделирования прогнозируемых производственных ситуаций. Проблематика кейсов близка к проблемам, с которыми будущим технологам пищевой промышленности придется столкнуться в реальной жизни.

### ***Кейс-задание №1***

Сточные воды некоторого промышленного предприятия содержат соли тяжелых металлов, неорганические кислоты, поверхностно-активные вещества (ПАВ) и другие загрязнители окружающей среды. Они в виде взвеси поступают на очистные сооружения. В процессе их очистки происходят процессы нейтрализации, коагуляции, осаждения, фильтрации и извлечения веществ, которые могут быть реализованы или использованы повторно.

Для осаждения большинства ионов тяжелых металлов из сточных растворов часто применяется гидроксид кальция (гашеная известь). Если годовой объем очищаемой воды равен 2000 м<sup>3</sup>, а содержание в нем ионов составляет 140 мг/дм<sup>3</sup>, то с учетом 10 %-го избытка реагента, необходимого для полного осаждения, расход гидроксида кальция составит \_\_\_\_\_ кг в год.

(Ответ привести с точностью до целых; Ar(Fe) = 56.)

### ***Критерии оценки ответа студента при выполнении контрольной работы***

<b>Оценка</b>	<b>Требования к знаниям</b>
отлично	приведены полные правильные решения, ответы грамотно аргументированы
хорошо	допущены незначительные погрешности при ответах на вопросы, аргументация была не полной
удовлетворительно	в ответах на некоторые вопросы допущены грубые ошибки, часть выводов не аргументирована или аргументирована неправильно
неудовлетворительно	ответы на 50 и более % вопросов ошибочны, большинство выводов не аргументированы или аргументированы неправильно

#### ***Контрольные вопросы к зачету***

1. Основные принципы хроматографического метода. Задачи и возможности газовой хроматографии.

2. Классификация методов хроматографии по признаку природы явлений в основе разделения, по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по методике проведения.

3. Основные параметры хроматографического процесса. Концепция теоретических тарелок. Кинетическая теория. Размывание хроматографической зоны. Хроматографический пик. Форма изотермы сорбции и соответствующие им профили хроматографических пиков.

4. Параметры удерживания. Время удерживания. Объем удерживания. Абсолютные и исправленные величины удерживания.

5. Параметры разделения. Коэффициент распределения. Коэффициент разделения.

Коэффициент емкости. Эффективность хроматографической колонки. Число теоретических тарелок. Высота эквивалентная теоретической тарелке. Число разделений. Степень разделения. Селективность колонки.

6. Принципиальная схема газового хроматографа. Основные узлы хроматографа, их назначение и принцип действия.

7. Хроматографические колонки. Насадочные и капиллярные колонки. Сорбенты для газовой хроматографии. Неподвижные фазы. Полярность фаз. Селективность фаз. Методики заполнения хроматографической колонки. Подготовка (конденционирование) колонок. Методики ввода пробы в колонку.

8. Детекторы. Принципы работы различных детекторов: ДТП, ДИП, ДЭЗ, ДПФ, ТИД, ФИД и др. Деструктивные и недеструктивные детекторы. Концентрационные и потоковые детекторы. Чувствительность детектора. Порог чувствительности. Инерционность детектора. Линейный диапазон детектора.

9. Задачи качественного анализа. Проблема идентификации

хроматографических пиков.

Графические методы идентификации. Индексы удерживания (абсолютные и относительные). Индексы удерживания Ковача (линейный и логарифмический). Метод стандартной добавки.

10. Задачи количественного анализа. Количественные характеристики аналитического сигнала — высота и площадь хроматографического пика. Графическое и автоматическое измерение площади пиков. Метод расчета площади пика по методу треугольника.

Методы расчета площади асимметрического пика. Методы расчета площади пика примеси, находящейся на заднем фронте основного пика. Методы расчета площади срезанного пика.

11. Методы количественного расчета: метод абсолютной калибровки, метод нормализации, нормализация с калибровочным коэффициентом, метод внутренней нормализации.

12. Многокомпонентные смеси, их типы и разновидности. Особенности методики хроматографического анализа сложных смесей: выбор метода пробоподготовки, фракционирование проб, обеспечение необходимого уровня эффективности и селективности колонки, обеспечение полноты детектирования. Оценка погрешностей.

13. Аналитические задачи определения содержания примесей. Классификация примесей по химической природе и физическому состоянию. Микропримеси.

14. Особенности методики хроматографического определения содержания примесей: выбор метода пробоподготовки, концентрирование, обеспечение необходимого уровня эффективности и селективности колонки, обеспечение необходимой чувствительности детектора и полноты детектирования. Оценка погрешностей.

15. Особенности методики хроматографического анализа пищевых продуктов. Методы пробоподготовки. Химическое модифицирование компонентов пробы.

16. Обеспечение необходимого уровня эффективности и селективности колонки, обеспечение необходимой чувствительности детектора и полноты детектирования. Оценка погрешностей.

### ***Критерии оценки ответа на зачете***

<b>Оценка</b>	<b>Критерии ответа</b>
<b>Зачтено</b>	Глубокое и хорошее знание и понимание предмета, в том числе терминологии и основных понятий; теоретических закономерностей; фактических данных; обстоятельный, логический и грамотный ответ во время сдачи зачета; удельный вес ошибок при контрольном тестировании – не более 50%.

<b>Незачтено</b>	Слабое знание основной терминологии, теоретических закономерностей, фактических данных, ошибочный ответ на зачете; удельный вес ошибок при контрольном тестировании – более 50%.
------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

### **9.1. Учебная литература**

#### **а) основная:**

1. Основы аналитической химии. В 2-х кн. /Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш. шк., 2005.
2. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Учебное пособие для вузов. Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш. шк., 2001. 463 с.
3. Амелин В.Г. Химические методы идентификации и полуколичественного экспресс-определения веществ. Владимир. Изд-во ВлГУ. 2001.
4. Амелин В.Г. Аналитическая химия. Методические указания к лабораторным работам. Владимир. Изд-во ВлГУ. 1998.
5. Стыскин Е.Л., Ициксон Л.Б., Брауде Е.В. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография. М.:Химия, 1986. 288 с.
6. Айвазов Б.В. Основы газовой хроматографии. М.: Высшая школа, 1977. 150 с.
7. 3. Амелин В.Г. Хроматографические методы анализа. Практикум. Владимир. Изд-во ВлГУ. 2009.

#### **б) дополнительная**

1. Энгельгард Х. Жидкостная хроматография при высоких давлениях. М.: Мир, 1980. 245 с.
2. Шпигун О.А., Золотов Ю.А. Ионная хроматография. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1990. 194 с.
3. Березкин В.Г., Бочков А.С. Количественная тонкослойная хроматография. М.: Наука, 1980. 245 с.
4. Хроматографический анализ окружающей среды / Под ред. В.Г. Березкина. М.: Химия, 1979. 230 с.

### **9.2. Интернет-ресурсы:**

<http://fizrast.ru/sitemap.html>  
<http://www.don-agro.ru>  
<http://xn-80abucjiibhv9a.xn-plai/>  
<http://www.agroxxi.ru/> (РГБ)  
<http://elibrary.rsl.ru> Научная электронная библиотека  
<http://elibrary.ru/default.asp> Российская национальная библиотека  
<http://primo.nl.ru> <http://nbmgu.ru> Электронная библиотека Российской государственной библиотеки

### **9.3. Программное обеспечение**



Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» как на территории университета, так и вне ее.

Университет обеспечен следующим комплектом лицензионного программного обеспечения.

1. Лицензионное программное обеспечение, используемое в ИнГУ

1.1. Microsoft Windows 7

1.2. Microsoft Office 2007

1.3. Программный комплекс ММИС «Визуальная Студия Тестирования»

1.4. Антивирусное ПО Eset Nod32

1.5. Справочно-правовая система «Гарант»

Наряду с традиционными изданиями магистранты и сотрудники имеют возможность пользоваться электронными полнотекстовыми базами данных:

**Таблица 9.1.**

<b>Название ресурса</b>	<b>Ссылка/доступ</b>
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a> –
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a> -
ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА". Электронная библиотека технического вуза	<a href="http://polpred.com/news">http://polpred.com/news</a>
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a> -
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a> –
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> -
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm</a>
Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a> -
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a> -
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>

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

Перечень необходимых технических средств обучения, используемых в учебном процессе для освоения дисциплины «Хроматография»:

1. Весы аналитические, технические.
2. Спектрофотометр СФ-46.
3. Фотоколориметры КФК-2, КФК-2МП.
4. Иономеры И130, Эксперт, Аквилон.
5. Атомно-абсорбционный спектрометр «Квант Z-ЭТА» с программным обеспечением и набором ламп.
6. Газовый хроматограф «Кристалл» с детекторами по теплопроводности, электронному захвату и капиллярными колонками.
7. Оборудование для тонкослойной хроматографии.
8. ИК-спектрометр.
9. Мерная посуда, ступки для пробоподготовки из агата и яшмы, чашки, тигли из платины, кварца, стеклоуглерода.
10. Центрифуга.
11. Компьютерное и мультимедийное оборудование.
12. видео- и аудиовизуальные средства обучения и др.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теоретический материал дисциплины «Хроматография» изучается в течение 2-го семестра в соответствии с учебным планом. Самостоятельная внеаудиторная работа магистров обеспечена электронными учебно-методическими ресурсами (система Moodle), возможностью общения магистранта с преподавателем посредством электронной почты, доступом в Internet.

Основу теоретической подготовки по дисциплине «Химическая кинетика и механизмы химических реакций» составляют лекции, которые представляются систематически в сочетании с семинарскими и лабораторными занятиями. Основные учения и владения отрабатываются и закрепляются на семинарских и лабораторных занятиях. Аудиторные занятия (лекции, семинары и лабораторные занятия) объединены с самостоятельной внеаудиторной работой магистров над рекомендуемой литературой, а также заданиями, которые выдаёт преподаватель и при подготовке к лабораторным занятиям.

При изучении дисциплины магистрантами могут использоваться следующие информационные технологии и инновационные методы:

- электронный вариант учебно-методического комплекса (с использованием системы Moodle);
- ресурсы электронной библиотечной системы;
- ресурсы Интернет;

- мультимедийная техника.

Преподаватель, читающий дисциплину, ведет учет посещаемости и осуществляет контроль за выполнением самостоятельной работы. Текущий контроль заключается в мониторинге выполнения учебной программы дисциплины на аудиторных занятиях и оценке работы на семинарских и практических занятиях.

Рабочая программа дисциплины «Хроматография» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 Химия (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655

\_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ . . .

\_\_10\_\_ «\_20\_» \_\_\_\_\_ 2023 .

- \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

\_\_10\_\_ «\_26\_» \_\_\_\_ 2023 .

-

\_\_10\_\_ «\_28\_» \_\_\_\_\_ 2023 .

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и  
регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой