

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

Кафедра химии

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по учебной работе

Батыгов З.О.

З.О. Батыгов 20 18 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 20 18 г.

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 вариативной части; 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.ОД.5	Статистическая термодинамика конденсированных систем	1
Б1.В.ОД.7	Термодинамика и молекулярно-кинетическая теория необратимых процессов	1
Б1.В.ДВ.4	Основные методы анализа	1

Таблица 2.2.

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

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Хроматография»	Семестр
Б1.В.ОД.4	Химическая динамика элементарных процессов, катализ.	3
Б1.В.ОД.8	Современные проблемы физической химии	3
Б1.В.ДВ.5	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) **общепрофессиональных (ОПК)** - ОПК-1, ОПК-2;
- б) **профессиональных (ПК)** - ПК-3, ПК-4.

Таблица 3.1.

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

Коды компетенций (ФГОС)	Компетенция	Семестр изучения
ОПК-1	Способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач.	2
ОПК-2	Владение современными компьютерными технологиями при планировании исследований, получении и обработке результатов научных экспериментов, сборе, обработке, хранении, представлении и передаче научной информации.	2
ПК-3	Готовность использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований.	2
ПК-4	Способность участвовать в научных дискуссиях и представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и статьи в периодической научной печати).	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	34	34
Лекции	10	10
Практические занятия (ПЗ)	22	22
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа студентов (СРС)	74	74

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	Неделя семестра	Виды учебной работы (час)				Формы контроля
				Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельные работы		
1.	Основные понятия и определения	2	1,2	1	4	12		
2	Теоретические основы хроматографии	2	3-5	2	4	12		Опрос
3	Газовая хроматография	2	6-9	2	4	14		Коллоквиум
4	Жидкостная хроматография	2	10-14	2	2	14		Опрос
5	Сверхкритическая флюидная хроматография	2	15-16	2	4	12		Коллоквиум
6.	Электросепарационные методы			1	2	10		

	Итого:			10	22	74		
--	---------------	--	--	-----------	-----------	-----------	--	--

Таблица 5.2.

Конкретизация результатов освоения дисциплины

<i>ОПК-1</i> Способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач		
<p>Знать: основные этапы и закономерности развития химической науки (химии твердого тела и материаловедения), понимать объективную необходимость возникновения новых направлений, наличие представления о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, форм и методов научного познания, их роли в общеобразовательной профессиональной подготовке химиков; химию радиоактивных элементов, химические и физические аспекты, возникающие при взаимодействии ионизирующего излучения с различными объектами, основы безопасной эксплуатации объектов, используемых в ядерной промышленности, устройство различных установок, предназначенных для получения ионизирующего излучения; процессы протекающие в веществах в электрическом и магнитном полях; химию радиоактивных элементов, физические и химические аспекты, возникающие при взаимодействии ионизирующего излучения с различными объектами, основы безопасной эксплуатации объектов, используемых в ядерной промышленности, устройство различных установок, предназначенных для получения ионизирующего излучения.</p>	<p>Уметь: использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; использовать знания, умения и навыки для моделирования и прогноза физико-химических свойств широкого круга материалов; использовать полученные знания, умения и навыки для анализа магнитных и электрических свойств широкого круга материалов, включая объекты, полученные самостоятельно в рамках научно-исследовательской деятельности; производить целенаправленный выбор источников ионизирующего излучения, необходимых для получения желаемого эффекта при обработке различных природных и искусственных объектов, и их применять в соответствии с различными требованиями.</p>	<p>Владеть: методологией использования современных научных представлений в профессиональной деятельности; навыками регулирования химико-технологического процесса; знаниями электрических и магнитных свойств перспективных материалов, используемых в современной технике; современными технологиями получения радиоактивных элементов, физико-химическим инструментарием, необходимым для определения степени воздействия ионизирующего излучения на различные объекты окружающей среды.</p>

<i>ОПК-2 Владение современными компьютерными технологиями при планировании исследований, получении и обработке результатов научных экспериментов, сборе, обработке, хранении, представлении и передаче научной информации</i>		
Знать: возможности использования современных информационных технологий в образовании и науке; системы сбора, обработки и хранения химической информации; виды программного обеспечения для представления результатов химических исследований, принципы создания, построения и виды компьютерных презентаций; использовать презентационную графику для визуализации результатов теоретического и экспериментального исследований.	Уметь: создавать авторские и пользоваться стандартными банками ком-пьютерных программ и банками данных; анализировать результаты математической обработки научных данных с целью определения их достоверности и области использования; использовать презентационную графику для визуализации результатов теоретического и экспериментального исследований.	Владеть: методами обработки информации системами мультимедиа, навыками создания компьютерных презентаций, в том числе интерактивных; всеми видами научного общения.
<i>ПК-3 Готовность использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований</i>		
Знать: принципы работы на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований.	Уметь: 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.	Владеть: 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.
<i>ПК-4 Способность участвовать в научных дискуссиях и представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и статьи в периодической научной печати).</i>		
Знать: особенности устной и письменной речи в сфере профессиональных коммуникаций; формы представ-	Уметь: представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и	Владеть: навыками представления полученных в исследованиях результатов в виде отчетов и научных публи-

ления и особенности презентации результатов научных исследований в периодических изданиях и конференциях; нормативные документы по оформлению научно-исследовательских работ.	статьи в периодической научной печати); использовать разные формы	каций (стендовые доклады, рефераты, статьи в периодической научной печати).
---	---	---

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 (МОДУЛЮ)

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 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

<i>№№ п/п</i>	<i>Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Формы работы</i>
1.	Основные понятия и определения	12	собеседование
2.	Теоретические основы хроматографии	12	собеседование
3.	Газовая хроматография	14	собеседование
4.	Жидкостная хромато-графия	14	собеседование
5.	Сверхкритическая флю-идная хроматография	12	собеседование
6.	Электросепарационные методы	10	собеседование

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И

ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Фонды оценочных средств и критерии оценки представлены отдельно, как приложение к рабочей программе.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

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.

в) электронные источники информации

1. Научная электронная база данных издательства Elsevier, <http://www.sciencedirect.com/>
2. Научная электронная база данных издательства ACS Publication, <http://pubs.acs.org/>
3. Научно-поисковая электронная база данных Reaxys, <https://www.reaxys.com/7/>
4. Научная электронная база данных издательства Springer, <http://www.springerlink.com/>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- лекционные аудитории;
- аудитории для семинарских занятий;
- проекционное оборудование и компьютер;
- интерактивные доски;