

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Физическая и прикладная химия»

УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
/Змызгова Т.Р./

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Рабочая программа учебной дисциплины  
**Хроматографические методы анализа**  
образовательной программы  
высшего образования – программы специалитета  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия,  
Направленность (профиль): «Аналитическая химия»  
Формы обучения: очная

Рабочая программа учебной дисциплины «Хроматографические методы анализа» составлена в соответствии с учебными планами по программе специалитета «Фундаментальная и прикладная химия (аналитическая химия)», утвержденными: для очной формы обучения 30.06.2023;

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена на заседании кафедры Физической и прикладной химии 05.07.2024, протокол заседания кафедры ФПХ № 10

Программу составил  
Доцент, канд. хим. наук

Камаев Д.Н.

Согласовано:

Заведующий кафедрой ФПХ  
Доцент, канд. хим. наук

Мосталыгина Л.В.

Специалист по учебно-методической работе  
Учебно-методического отдела

Казанкова Г.В.

Начальник управления  
образовательной деятельности

Григоренко И.В.

## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 2 зачетных единицы трудоемкости (72 академических часа)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		9
<b>Аудиторные занятия (всего часов) в том числе:</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
Лекции	12	12
Лабораторные работы	36	36
<b>Самостоятельная работа, всего часов в том числе:</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы	6	6
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	<b>72</b>	<b>72</b>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Хроматографические методы анализа» относится к блоку 1, вариативной части формируемой участниками образовательных отношений.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных при изучении следующих дисциплин в объеме программы университета:

- Математика;
- Физика;
- Информатика;
- Неорганическая химия;
- Физическая химия;
- Аналитическая химия;
- Органическая химия;
- Методы разделения и концентрирования;
- Химические основы биологических процессов;
- Физические методы исследования;
- Строение вещества;
- Химическая технология.

Знания, умения и навыки, полученные при освоении дисциплины «Методы хроматографического анализа», являются базовыми в практике современных физико-химических методов анализа.

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Целью изучения дисциплины «Хроматографические методы анализа» является:

- Получение фундаментального и профессионального (специального) образования, способствующего всестороннему развитию личности;
- изучение основ хроматографических методов анализа.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование практических навыков хроматографического анализа и работы на аналитической аппаратуре.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность определять способы, методы и средства решения технологических задач (ПК-3);
- способность использовать аналитические методы исследования в анализе различных объектов (ПК-5);
- способность организовывать и проводить различные мероприятия в профессиональной сфере деятельности (ПК-7).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- Знать основные понятия и законы хроматографии, основные принципы работы структурных блоков хроматографов, методы и приемы качественного и количественного хроматографического анализа (для ПК-3).
- Уметь оценить правильность, точность и надежность полученных результатов, использовать вычислительную технику и программное обеспечение компьютеров в прикладных задачах методов хроматографии (для ПК-5, ПК-7).
- Владеть практическими навыками использования хроматографического анализа для анализа многокомпонентных смесей (для ПК-5, ПК-7).

Индикаторы и дескрипторы части соответствующей компетенции, формируемой в процессе изучения дисциплины «Хроматографические методы анализа», оцениваются при помощи оценочных средств.

Планируемые результаты обучения по дисциплине «Хроматографические методы анализа», индикаторы достижения компетенций ПК-3, ПК-5 ПК-7, перечень оценочных средств.

№ п/п	Код индикатора достижения компетенции	Наименование индикатора достижения компетенции	Код планируемого результата обучения	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочных средств
1.	ИД-1 <sub>ПК-3</sub>	Знать основные понятия и законы хроматографии, основные принципы работы структурных блоков хроматографов, методы и приемы качественного и количественного хроматографического анализа	З (ИД-1 <sub>ПК-3</sub> )	Знание основных понятий и законов хроматографии, основных принципов работы структурных блоков хроматографов, методов и приемов качественного и количественного хроматографического анализа	результаты защиты лабораторных работ, вопросы
2.	ИД-2 <sub>ПК-3</sub>	Уметь использовать хроматографические методы исследования в анализе различных объектов	У (ИД-2 <sub>ПК-3</sub> )	Умение использовать хроматографические методы исследования в анализе различных объектов.	результаты защиты лабораторных работ, вопросы
3.	ИД-3 <sub>ПК-3</sub>	Владеть методами и приемами качественного и количественного хроматографического анализа	В (ИД-3 <sub>ПК-3</sub> )	Владение методами и приемами качественного хроматографического анализа	результаты защиты лабораторных работ, вопросы
4.	ИД-1 <sub>ПК-5</sub>	Знать теоретические, основы хроматографических методов анализа	З (ИД-1 <sub>ПК-5</sub> )	Знание теоретических, основ хроматографических методов анализа	результаты защиты лабораторных работ
5.	ИД-2 <sub>ПК-5</sub>	Уметь оценить правильность, точность и надежность полученных результатов, использовать вычислительную технику и ПК в прикладных задачах методов хроматографии	У (ИД-2 <sub>ПК-5</sub> )	Умение оценить правильность, точность и надежность полученных результатов, использовать вычислительную технику и ПК в прикладных задачах методов хроматографии	результаты защиты лабораторных работ
6.	ИД-3 <sub>ПК-5</sub>	Владеть практическими навыками использования хроматографического анализа для анализа многокомпонентных смесей	В (ИД-3 <sub>ПК-5</sub> )	Владение практическими навыками использования хроматографического анализа для анализа многокомпонентных смесей	результаты защиты лабораторных работ

7.	ИД-1 <sub>ПК-7</sub>	Знать способы организации хроматографического анализа	З (ИД-1 <sub>ПК-7</sub> )	Знание способов организации хроматографического анализа	результаты защиты лабораторных работ,
8	ИД-2 <sub>ПК-7</sub>	Уметь находить рациональный метод хроматографического анализа; предвидеть результаты на основе теоретических расчетов	У (ИД-2 <sub>ПК-7</sub> )	Умение находить рациональный метод хроматографического анализа; предвидеть результаты на основе теоретических расчетов	результаты защиты лабораторных работ,
9	ИД-3 <sub>ПК-7</sub>	Владеть практическими навыками использования хроматографического анализа для анализа многокомпонентных смесей	В (ИД-3 <sub>ОПК-3</sub> )	Владение практическими навыками использования хроматографического анализа для анализа многокомпонентных смесей	результаты защиты лабораторных работ,

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-тематический план

#### Очная форма обучения

Наименование раздела	Шифр темы	Наименование	Количество часов контактной работы с преподавателем	
			Лекции	Лабораторные
Р.1	Т.1	Теоретические основы хроматографии	4	8
	Т.2	Газовая хроматография	4	–
	Т.3	Жидкостная хроматография	4	28
		<b>ВСЕГО</b>	<b>12</b>	<b>36</b>

### 4.2. Содержание лекционных занятий

#### Тема 1. Теоретические основы хроматографии

Сущность хроматографического метода. История возникновения. Современное состояние метода и области применения. Фронтальная, витеснительная, элюентная хроматография. Классификация хроматографических методов по агрегатному состоянию фаз, механизму взаимодействия сорбат-сорбент, применяемой технике, способу относительного перемещения фаз.

Основные характеристики хроматографического процесса. Коэффициент распределения. Удерживаемый объем и время удерживания. Коэффициент емкости. Селективность и эффективность. Коэффициент удерживания. 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.

Размытие хроматографической зоны и его физические причины. Неравновесная хроматография. Основы концепции теоретических тарелок. Понятие ВЭТТ. Число теоретических тарелок и эффективность колонки. Недостатки концепции теоретических тарелок.

Кинетические теории хроматографии. Факторы, влияющие на размывание зон. Зависимость ВЭТТ от скорости потока. Уравнение Ван-Деемтера. Принципиальная схема хроматографа. Выбор параметров хроматографического определения. Идентификация веществ. Количественный анализ. Измерение площадей высот пиков. Методы внутреннего и внешнего стандартов. Источники ошибок, воспроизводимость измерений.

## **Тема 2. 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 методов. Индексы удерживания Ковача. Источники погрешностей при их определении. Методика количественной газовой хроматографии

## **Тема 3. Жидкостная хроматография**

Принцип метода. Определение вещества. Аналитические характеристики современной высокоэффективной жидкостной 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. Сорбенты. Элюент. Требования к подвижной фазе. Сила подвижной фазы. Влияние природы и состава подвижной фазы на селективность. Изокритическое и градиентное элюирование. Влияние температуры на элюирование. Нормально-фазовая ЖАХ. Модели удерживания и типы взаимодействия сорбата с сорбентом. Области применения нормально-фазовой ЖАХ.

Обращенно-фазовая ЖАХ. Механизм удерживания. Различные влияния на 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.

Ионообменники, их классификация. Комплексообразующие сорбенты. Физико-химические свойства ионообменников (обменная емкость, набухание, термическая и радиационная устойчивость). Ионный обмен в колонках. Применение в анализе. Определение общей солевой концентрации, концентрирование примесей из разбавленных растворов. Разделение элементов с близкими химическими свойствами и аминокислот.

Ионная хроматография. Основы ионной хроматографии. Сорбенты. Синтез сорбентов. Выбор сорбентов, размер частиц, матрица, функциональные группы. Время удерживания иона, его связь с коэффициентом селективности, обменной емкостью, объемом сорбента. Элюенты. Влияние рН и концентрации элюента на удерживание ионов. Аппаратура и способы детектирования. Двухколоночная и одноколоночная ионная хроматография. Примеры применения ионной хроматографии. Ион-парная хроматография. Сущность метода. Нормально-фазовая и обращенно-фазовая ион-парная хроматография. Механизмы удерживания в ион-парной хроматографии. Выбор условий определения. Применение в анализе органических и неорганических соединений.

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

Лигандообменная 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, неподвижные фазы, требования к ним. Подвижные фазы. Противоточная хроматография. Тонкослойная и бумажная хроматография. Теоретические основы методов. Величина R, ее

связь с коэффициентом распределения. Методы определения этой величины. Факторы, на нее влияющие. Бумага для хроматографии, сорбенты для тонкослойной хроматографии (ТСХ). Растворители. Техника получения хроматограмм: восходящая, нисходящая, одномерная, двумерная и круговая. Электрофоретическая бумажная хроматография. Методы качественного и количественного анализа. Высокоэффективная ТСХ. Области применения.

### 4.3. Лабораторные занятия

Шифр темы	№	Наименование	Содержание	ч
Т.1	1	Определение сорбционной способности ионов цинка и кадмия из растворов соляной на катионите	Определение сорбционной способности цинка и кадмия из растворов соляной кислоты на катионите	4
	2	Определение коэффициентов распределения $Fe^{3+}$ , $Cd^{2+}$ , $Zn^{2+}$ , $Cu^{2+}$	Расчет коэффициентов распределения ионов металлов в хроматографической колонке	4
Т.3	3	Определение динамической обменной емкости (ДОЕ) и полной динамической обменной емкости (ПДОЕ) катионообменных смол	Определение «ДОЕ» и «ПДОЕ» катионообменных смол, используемых в хроматографии	4
Т.3	4	Разделение ионов методом ионообменной хроматографии	Изучение принципа хроматографического разделения ионов $Mn^{2+}$ , $Co^{2+}$ , $Cu^{2+}$ , $Fe^{3+}$ , $Ni^{2+}$ , $Al^{3+}$ , $Zn^{2+}$	4
	5	Рубежный контроль № 1		4
Т.3	6	Разделение $Co^{2+}$ ; $Ni^{2+}$ ; $Fe^{3+}$ ; $Co^{2+}$ ; $Fe^{3+}$ ; $Cu^{2+}$ с помощью распределительной хроматографии на бумаге	Изучение принципа разделения ионов $Co^{2+}$ ; $Ni^{2+}$ ; $Fe^{3+}$ ; $Co^{2+}$ ; $Fe^{3+}$ ; $Cu^{2+}$ методом распределительной хроматографии на бумаге	4
Т.3	7	Определение никеля методом двумерной бумажной хроматографии	Количественное определение ионов никеля методом двумерной бумажной хроматографии	4
Т.3	8	Определение красителей методом бумажной хроматографии	Разделение и определение красителей методом бумажной хроматографии	4
	9	Рубежный контроль № 2		4
<b>ВСЕГО</b>				<b>36</b>

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При чтении лекций применяется систематическое, последовательное изложение материала разделов и тем лекционного курса, включая вступление (постановка целей и задач), основную часть (реализация темы), и заключение (обобщение и выводы).

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель.

Залогом качественного выполнения лабораторных работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения теоретического материала лекций и учебной литературы. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале лабораторной работы. Обязательным является оформление лабораторной работы заранее перед занятием с использованием выданных преподавателем методических рекомендаций. В оформлении лабораторной работы должна быть сформулирована цель работы, должны присутствовать разделы «Краткая теория», «Последовательность выполнения работы», «основные результаты», «Вывод». По окончании работы отчет по ней предоставляется на подпись преподавателю, после чего она должна быть защищена.

Преподавателем запланировано применение на лабораторных занятиях технологий развивающейся кооперации, коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций. Поэтому на некоторых занятиях практикуется групповой метод выполнения лабораторных работ и защиты отчетов, а также взаимооценка и обсуждение результатов выполнения лабораторных работ. Результаты некоторых лабораторных работ могут быть представлены в интерактивной форме в виде презентаций, графического оформления.

Для текущего контроля успеваемости по очной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на лабораторных занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к лабораторным занятиям, к рубежным контролям, а также подготовку к зачету. Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.
	Очная форма обучения
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины не вошедших в лекционный курс:</b>	<b>2</b>
Детекторы в хроматографии;	1
Автоматизация и компьютеризация анализа	1
Подготовка к рубежному контролю №1	2
Подготовка к рубежному контролю №2	2
<b>Подготовка к зачету</b>	<b>18</b>
<b>Всего:</b>	<b>24</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности обучающихся в КГУ (для очной формы обучения)
2. Отчеты обучающихся по лабораторным работам
3. Вопросы к рубежным контролям № 1, № 2
4. Перечень вопросов к зачету

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся по дисциплине

Очная форма обучения

9 семестр (зачет)

№	Наименование	Содержание				
		Распределение баллов за 9 семестр				
1	Распределение баллов за семестр по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводится обучающимся на первом занятии)	Вид УР.	Посещение лекций (6 лекций)	Выполнение и защита лабораторной работы (7 работ)	Рубежный Контроль	зачет
		Оценка в баллах	1	6	РК № 1 – 11 РК № 2 – 11	30
		примечание	Посещение и запись лекции	Правильные ответы на вопросы по теме работы, достоверность результатов	ответ на вопросы решение практической задачи	сдача
		Всего	6	42	22	30
2	Критерий пересчета в традиционную оценку по итогам работы в семестре	60 и менее баллов – не зачтено 61 и более зачтено				
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического экзамена, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации по дисциплине за семестр обучающийся должен набрать по итогам текущего и рубежного контролей не менее 51 балла. В случае если обучающийся набрал менее 51 балла, то к аттестационным испытаниям он не допускается.</p> <p>Для получения зачета без проведения процедуры промежуточной аттестации обучающемуся необходимо набрать в ходе текущего и рубежных контролей не менее 61 балла. В этом случае итог балльной оценки, получаемой обучающимся, определяется по количеству баллов, набранных им в ходе текущего и рубежных контролей. При этом, на усмотрение преподавателя, балльная оценка обучающегося может быть повышена за счет получения дополнительных баллов за академическую активность.</p> <p>Обучающийся, имеющий право на получение оценки без проведения процедуры промежуточной аттестации, может повысить ее путем сдачи аттестационного испытания. В случае получения обучающимся на аттестационном испытании 0 баллов итог балльной оценки по дисциплине не снижается.</p> <p>За академическую активность в ходе освоения дисциплины, участие в учебной, научно-исследовательской, спортивной, культурно-творческой и общественной деятельности обучающегося могут быть начислены дополнительные баллы. Максимальное количество дополнительных баллов за академическую активность составляет 30.</p> <p>Основанием для получения дополнительных баллов являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выполнение дополнительных заданий по дисциплине; дополнительные баллы начисляются преподавателем;</li> <li>– участие в течение семестра в учебной, научно-исследовательской, спортивной, культурно-творческой и общественной деятельности КГУ.</li> </ul>				
4	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) обучающихся	В случае если к промежуточной аттестации набрана сумма менее 51 баллов, не выполнены все задания, то обучающимся необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных практических и лабораторных работ.				

	чающимся для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выполнение и защита пропущенных лабораторных работ (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно),</li> <li>1 балл за одно задание.</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>
--	--	--

### 6.3 Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли и зачет проводятся в форме устного ответа на один вопрос, с предварительной подготовкой к ответу по заданному вопросу.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает с обучающимися основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

На подготовку для ответа на вопрос рубежного контроля обучающимся отводится время не менее 15 минут.

Зачет включает 30 вопросов. Время, отводимое обучающемуся для подготовки ответа на один вопрос, составляет не менее 15 минут. Преподаватель оценивает в баллах (максимум 30) содержание ответа, полноту и качество изложенного материала. При необходимости, могут быть заданы дополнительные вопросы.

Результаты текущего контроля успеваемости и зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день зачета, а также выставляются в зачетную книжку обучающимися.

### 6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей, зачета

Примерный перечень вопросов к рубежному контролю № 1

1. Классификация хроматографических методов по агрегатному состоянию фаз, механизму взаимодействия сорбат-сорбент, применяемой технике, способу относительного перемещения фаз
2. Коэффициент распределения (физико-химический смысл)
3. Удерживаемый объем и время удерживания
4. Селективность и эффективность. Коэффициент удерживания
5. Связь скорости перемещения вещества вдоль слоя неподвижной фазы с коэффициентом распределения и изотермой сорбции
6. Параметры хроматографического пика
7. Основы концепции теоретических тарелок. Понятие ВЭТТ. Число теоретических тарелок и эффективность колонки. Зависимость ВЭТТ от скорости потока
8. Уравнение Ван-Деемтера
9. Принципиальная схема хроматографа. Выбор параметров хроматографического определения. Идентификация веществ
10. Количественный анализ. Измерение площадей высот пиков. Методы внутреннего и внешнего стандартов. Источники ошибок, воспроизводимость измерений

Примерный перечень вопросов к рубежному контролю № 2

1. Газо-адсорбционная и газо-жидкостная хроматография. Аппаратура для газовой хроматографии. Хроматографические колонки, термостаты, детекторы. Классификация методов.

2. Классификация методов газовой хроматографии. Индексы удерживания Ковача. Источники погрешностей при их определении. Методика количественной газовой хроматографии.
3. Аппаратура для жидкостной хроматографии Жидкостные хроматографы
4. Основные представления о механизме жидкостной абсорбционной хроматографии. Сорбенты. Элюент. Требования к подвижной фазе. Сила подвижной фазы. Влияние природы и состава подвижной фазы на селективность.
5. Нормально-фазовая ЖАХ. Модели удерживания и типы взаимодействия сорбата с сорбентом. Области применения нормально-фазовой ЖАХ.
6. Ионообменная хроматография. Сущность метода. Основные представления о механизме ионного обмена. Ионообменное равновесие. Константа равновесия, селективность, фактор разделения. Ряды селективности
7. Ионообменники, их классификация. Комплексообразующие сорбенты. Физико-химические свойства ионообменников (обменная емкость, набухание, термическая и радиационная устойчивость). Ионный обмен в колонках. Применение в анализе.
8. Влияние pH и концентрации элюента на удерживание ионов. Аппаратура и способы детектирования. Двухколоночная и одноколоночная ионная хроматография. Примеры применения ионной хроматографии.
9. Тонкослойная и бумажная хроматография. Теоретические основы методов. Величина R, ее связь с коэффициентом распределения. Методы определения этой величины. Факторы, на нее влияющие.
10. Бумага для хроматографии, сорбенты для тонкослойной хроматографии (ТСХ). Растворители. Техника получения хроматограмм: восходящая, нисходящая, одномерная, двумерная и круговая.

#### Примерный перечень вопросов к зачету

1. Принцип хроматографического разделения компонентов смеси, классификации хроматографических методов.
2. Аппаратура для газовой хроматографии. Схема газового хроматографа.
3. Детекторы для газовой хроматографии. Требования, предъявляемые к детекторам, и их основные характеристики.
4. Катарометр и ДИП.
5. Ионизационные детекторы.
6. Неподвижная жидкая фаза. Выбор и классификации неподвижной фазы по полярности (полярность по Роршнайдеру).
7. Газожидкостная хроматография (ГЖХ). Закон Генри, закон Рауля.
8. Газ носитель. Основные требования, предъявляемые к газу носителю.
9. Хроматографические колонки. Материал, размеры и форма колонок. Аналитические, капиллярные и препаративные колонки.
10. Твердые носители (адсорбенты), назначение твердого носителя. Природные и полимерные адсорбенты. Основные типы адсорбентов, используемых в газоадсорбционной хроматографии.
11. Теоретические основы хроматографии, адсорбция и абсорбция.
12. Теории хроматографии. Классификация теорий хроматографии по форме изотерм сорбции и скорости установления равновесия между неподвижной и подвижной фазами.
13. Теория линейной равновесной хроматографии: метод материального баланса. Вывод уравнений скорости движения зоны сорбата для адсорбционной и распределительной газовой хроматографии. Теория равновесной идеальной хроматографии.
14. Исправленные (приведенные) времена удерживания и удерживаемого объема. Поправки на условия хроматографического опыта.
15. Коэффициент размыванию хроматографических зон.
16. Теория теоретических тарелок.

17. Уравнение Ван-Деемтера для насадочных и капиллярных колонок
18. Эффективность факторов на эффективность хроматографического процесса.
19. Оценки качества хроматографического разделения. Влияние различных факторов на качество разделения.
20. Критерии коэффициенты селективность по Херингтону.
21. Линейное программирование температуры колонки.
22. Методы качественного анализа в хроматографии.
23. Индексы удерживания Ковача.
24. Количественный анализ в хроматографии.
25. Применение хроматографии для физико-химических исследований
26. Особенности колоночной жидкостной хроматографии.
27. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ).
28. Плоскостная хроматография. Варианты тонкослойной хроматографии.
29. Бумажная хроматография.
30. Эксклюзионная (ситовая) хроматография (гель–хроматография). Линейной диффузии, неравновесной учитывающий хроматографии. Причины, эффективный приводящие к хроматографической колонки. Влияние различных разделения селективности и селективности: колонки и степень неподвижной разделения, фазы.

### **6.5. Фонд оценочных средств**

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

## **7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ**

### **7.1. Основная учебная литература**

1. Москвин Л.Н., Родинков О.В. Методы разделения концентрирования в аналитической химии / Изд. Дом «Интеллект», 2012. – 352 с.
2. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии, т. 1,2. М.: Высш. шк., 1999. – 351 с.
3. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Аналитическая химия: Учеб. для ун-тов и вузов. – М.: Высш. шк., 1991. – 256с.
4. Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза [Электронный ресурс] / Бёккер Ю. - М. Техносфера, 2009. - режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948362120.html>
5. Аналитическая химия: физико-химические и физические методы анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.И. Мовчан. - Казань : Издательство КНИТУ, 2013. - - режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214542.html>

### **7.2. Дополнительная учебная литература**

1. Жидкостная хроматография [Электронный ресурс] / Хенке Х. - М. : Техносфера, 2009. - режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948361987.html>
2. Газохроматографический анализ загрязненного воздуха [Электронный ресурс] / Другов Ю.С.-М.: Лаборатория знаний, 2015. - режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996327898.htm>
3. Биомедицинская хроматография [Электронный ресурс] / А.А. Дутов - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. - режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970437728.html>

4. Рудаков О. Б. и др. Спутник хроматографа. Методы жидкостной хроматографии. Воронеж. Из-во: «Водолей», 2004.

### **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Перри и др. Практическое руководство по жидкостной хроматографии. М.: Мир, 1974
2. Фритц Дж. Ионная хроматография. М.: Мир, 1984
3. Руководство по капиллярному электрофорезу. / Под ред. А.М. Волощука, Научный совет по хроматографии. М.: Наука, 1996.
4. Столяров Б.В. и др. Практическая жидкостная и газовая хроматография. С.-Пб.: С.-Петербургский университет, 1998.
5. Сверхкритическая флюидная хроматография. / Под ред. Р. Смита. М.: Мир, 1991.
6. Белявская Т.А. и др. Методики по хроматографическому анализу. Москва - 1976.
7. Хроматографические методы анализа. Лабораторный практикум для студентов специальности 04.05.01 (на правах рукописи)/ Камаев Д.Н. доцент каф. ФиПХ

### **9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

№	Интернет-ресурс	Краткое описание
1	<a href="http://www.chem.msu.ru/">http://www.chem.msu.ru/</a>	Портал фундаментального химического образования
2	<a href="http://chemanalytica.com/">http://chemanalytica.com/</a>	Научно-популярный химический портал
3	<a href="http://chemister.ru/">http://chemister.ru/</a>	Сайт по неорганическому и органическому синтезу и литературным источникам по синтезу веществ, токсикологии фармакологии
4	<a href="http://www.alhimikov.net/elektronbuch/menu.html">http://www.alhimikov.net/elektronbuch/menu.html</a>	Интерактивный мультимедийный учебник по неорганической химии
5	<a href="http://www.xumuk.ru/nekrasov/">http://www.xumuk.ru/nekrasov/</a>	Учебник неорганической химии
6	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>	Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU
7	<a href="http://window.edu.ru/unilib">http://window.edu.ru/unilib</a>	ЕДИНОЕ ОКНО доступа к электронным библиотекам вузов России.
8	<a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>	Университетская библиотека ONLINE.
9	<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>	Электронно-библиотечная система «znanium.com»
10	<a href="http://virtuallib.intuit.ru">http://virtuallib.intuit.ru</a>	Виртуальная библиотека «ИНТУ-ИТ»

## **10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации. К операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций, предъявляются минимальные требования.

1. ЭБС «Лань» 2. ЭБС «Консультант студента» 3. ЭБС «Znanium.com» 4. «Гарант» – справочно-правовая система

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

Материально-техническое обеспечение по реализации дисциплины осуществляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО по данной образовательной программе.

### **12. Для студентов, обучающихся с использованием дистанционных образовательных технологий**

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (далее ЭО и ДОТ) занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п. 6.2 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до сведения обучающихся.

Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Хроматографические методы анализа»**

Образовательной программы высшего образования –  
программы специалитета

**04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия,**  
Направленность (профиль): **Аналитическая химия**

Трудоемкость дисциплины: 2 ЗЕ (72 академических часа)

Семестр 9 (очная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: зачет

Содержание дисциплины

Физико-химические основы хроматографии, теоретические основы. Методы хроматографического анализа: газовая хроматография, жидкостная хроматография, высокоэффективная жидкостная хроматография.

**ЛИСТ**  
**регистрации изменений (дополнений) в рабочую программу**  
**учебной дисциплины**  
**«Хроматографические методы анализа»**

**Изменения / дополнения в рабочую программу**  
**на 20\_\_ / 20\_\_ учебный год:**

---

---

---

---

---

---

Ответственный преподаватель \_\_\_\_\_ /Ф.И.О./

Изменения утверждены на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
Протокол № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Изменения / дополнения в рабочую программу**  
**на 20\_\_ / 20\_\_ учебный год:**

---

---

---

---

---

---

Ответственный преподаватель \_\_\_\_\_ / Ф.И.О./

Изменения утверждены на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
Протокол № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.