



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»



УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета, доц.  
А.И. Вильмс  
09 " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2023 г.

### Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) **Б1.В.03 ХРОМАТОГРАФИЯ**

Направление подготовки **04.04.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки **Химия и химическое производство**

Квалификация выпускника **магистр**

Форма обучения **очно-заочная**

Согласовано с УМК факультета

Протокол № 5 от «09» июня 2023 г.

Председатель А.И. Вильмс

Рекомендовано кафедрой аналитической химии, физической и коллоидной химии, теоретической и прикладной органической химии и полимеризационных процессов

Протокол № 6 от «18» мая 2023 г.

Зав. кафедрой А.Г. Пройдаков

Протокол № 6 от «08» июня 2023 г.

И.о. зав. кафедрой Л.Б. Белых

Протокол № 9 от «02» июня 2023 г.

Зав. кафедрой О.А. Эдельштейн

Иркутск 2023г.

## Содержание

	стр.
I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре АОПОП.	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3 Содержание учебного материала	7
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	7
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	9
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	10
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	10
а) перечень литературы	10
б) периодические издания	10
в) список авторских методических разработок	10
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	10
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	11
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	11
6.2. Программное обеспечение:	11
6.3. Технические и электронные средства обучения:	12
VII. Образовательные технологии	12
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	12

## **I. Цели и задачи дисциплины (модуля):**

### **Цели:**

познакомить с современным состоянием хроматографических методов, раскрыть теоретические и экспериментальные принципы, показать возможности хроматографии как метода анализа сложных смесей веществ, обладающего большой степенью надежности и воспроизводимости. Сформировать представления о теоретических основах, о многообразии хроматографических методов и решаемых ими задач при их использовании в профессиональной научно-исследовательской, и производственной деятельности.

### **Задачи:**

ознакомить с теоретическими подходами к описанию хроматографического процесса и выбором условий хроматографирования при применении различных видов хроматографии (ГЖХ, ВЭЖХ, ТСХ и т.д.); с физико-химическими основами разделения в адсорбционной, распределительной, ионообменной, химической, аффинной видах хроматографии; формирование представлений об основных характеристиках хроматограмм и критериях разделения веществ, о факторах, определяющих селективность и эффективность разделения. Ознакомление с отечественной и зарубежной аппаратурой (хроматографы, интерфейсы, дополнительные аналитические системы в гибридных методах и др.); обучение приемам идентификации компонентов в методах газовой хроматографии и ВЭЖХ с учетом типа детекторов. Применение полученных теоретических знаний и практических навыков при обработке результатов качественного и количественного анализа для выполнения индивидуальных заданий и научно-исследовательских работ.

## **II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ АОПОП ВО**

Учебная дисциплина (модуль) «Хроматография» относится к обязательной части программы (к части, формируемой участниками образовательных отношений) Б1.В.03.

Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

«Математика» (Б1.О.10),

«Механика и молекулярная физика» (Б1.О.12),

«Общая химия. Химия неметаллов» (Б1.О.15),

«Математическая теория эксперимента» (Б1.В.02),

«Органическая химия» (Б1.О.19),

«Аналитическая химия» (Б1.О.17),

«Физическая химия. Химическая термодинамика» (Б1.О.24),

«Физическая химия. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ» (Б1.О.25).

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

«Высокомолекулярные соединения» (Б1.О.25),

«Химия лекарственных препаратов» (Б1.В.ДВ.02.01),

«Физические и физико-химические методы выделения, очистки и исследования природных биологически активных соединений» (Б1.В.ДВ.02.02),

«Использование хроматографии и электрохимических методов в анализе объектов сложного состава» (Б1.В.ДВ.03.01),

выполнения квалификационных работ и формирования профессиональных компетенций.

### III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и АОП ВО по данному направлению подготовки (специальности): 04.04.01 «Химия», профиль: Химия и химическое производство.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<i>ПК-4</i> Способен обрабатывать результаты работ химической направленности с использованием стандартных методов и методик	<i>ИДК ПК-4.1</i> Обрабатывает полученные результаты исследований с использованием стандартных методов (методик)	<b>Владеть:</b> навыками обработки полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)
	<i>ИДК ПК-4.4</i> Составляет протоколы испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме	<b>Владеть:</b> навыками составления протоколов испытаний, отчетов о выполненной работе по заданной форме
<i>ПК-5</i> Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения	<i>ИДК ПК-5.3</i> Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	<b>Знать:</b> способы оценки погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования
		<b>Уметь:</b> оценивать погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов  
 в том числе 1,75 зачетная единица, 63 часов на экзамен.  
 Из них 45 часа – практическая подготовка

Форма промежуточной аттестации: экзамен

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточн ой аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа + КО	
					Лекции	Семинарские/ практические/ лабораторные занятия	Консультации + КСР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Основы хроматографии	4	51,01	15	12	15	1,34	22,67	Проверка отчетов по ЛР, практические задания
2	Высокоэффективная жидкостная хроматография	4	51,01	15	12	15	1,33	22,67	Проверка отчетов по ЛР, практические

									задания
3	Газовая хроматография	4	51,00	15	12	15	1,33	22,66	Проверка отчетов по ЛР, практические задания, проверка рефератов

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
1	Основы хроматографии	Подготовка отчётов по ЛР		19,34	Проверка отчета по работе. УО	См. основную и дополнительную литературу
1	Высокоэффективная жидкостная хроматография	Подготовка отчётов по ЛР		19,33	Проверка отчета по работе. УО	См. основную и дополнительную литературу
1	Газовая хроматография	Подготовка отчётов по ЛР Подготовка рефератов		19,33	Проверка реферата Проверка отчета по работе. УО	См. основную и дополнительную литературу
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>58</b>		
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)						

### 4.3 Содержание учебного материала

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Основы хроматографии	Определение состава керосина комбинированным методом адсорбционной хроматографии на силикагеле	1,7		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
2	Основы хроматографии	Определение красителей методом колоночной хроматографии на оксиде алюминия	1,7		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
3	Основы хроматографии	Определение адсорбционной активности силикагеля	1,7		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
4	Основы хроматографии	Определение состава аминокислот методом распределительной хроматографии на бумаге	1,7		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
5	Основы хроматографии	ТСХ моно- и дисахаридов	1,7		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
6	Основы хроматографии	Выделение уксусной кислоты из ацетата натрия методом ионообменной хроматографии	1,7		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
7	Основы хроматографии	Гель-хроматография углеводов	1,6		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
8	Основы хроматографии	Определение качественного состава смеси углеводов методом газовой хроматографии	1,6		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
9	Основы хроматографии	Определение количественного	1,6		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4

		состава смеси органических соединений методом ГЖХ				ПК-5.3
10	Высокоэффективная жидкостная хроматография	1.Разделение смеси ароматических углеводов методом ВЭЖХ с обращенной фазой	3		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
11	Высокоэффективная жидкостная хроматография Высокоэффективная жидкостная хроматография	2.Оценка содержания фенолов в копченых продуктах и сточных водах	3		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
		3.Определение алкалоидов пуринового ряда- кофеина, теобромина и теofilлина в пищевых продуктах и лекарственных препаратах	3		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
12	Высокоэффективная жидкостная хроматография	4.Определение жирорастворимых витаминов (А, Д, Е) в поливитаминных препаратах	3		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
13	Высокоэффективная жидкостная хроматография	5.Определение, водорастворимых витаминов (С, НК, В6, В1, В2, В12) в поливитаминных препаратах.	3		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
14	Газовая хроматография	Газо-адсорбционная хроматография. Анализ воздуха на колонке с молекулярными ситами	5		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
15	Газовая хроматография	Газожидкостная хроматография. Количественный анализ с использованием поправочных коэффициентов	5		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
16	Газовая хроматография	Определение теплоты и энтропии растворения на основе хроматографических	5		УО, О	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3



		измерений.				
--	--	------------	--	--	--	--

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Основы хроматографии	Написание отчетов по ЛР, выполнение практических заданий.	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
2	Высокоэффективная жидкостная хроматография	Написание отчетов по ЛР, выполнение практических заданий.	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3
3	Газовая хроматография	Написание отчетов по ЛР, выполнение практических заданий. Подготовка рефератов	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1 ПК-4.4 ПК-5.3

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с подготовкой отчетов по выполненным лабораторным работам, написанием рефератов, проводится во внеаудиторное время.

Структура отчета по лабораторной работе:

1. Цель работы.
2. Теоретическая часть.
3. Выполнение расчетных, графических и контрольных заданий в соответствии с методическими указаниями к каждой работе.
4. Вывод (на основе полученных результатов).

Методические рекомендации по выполнению и обработке экспериментальных данных по каждой лабораторной работе описаны в методических рекомендациях, подготовленных преподавателями кафедр.

#### 4.4. Примерная тематика курсовых работ (проектов) *нет*

### V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Конюхов, В. Ю. Хроматография [Текст] : учебник / В. Ю. Конюхов. - СПб.: Лань, 2012. - 222 с.: ил.; 20 см. - Библиогр.: с. 218-220. - ISBN 978-5-8114-1333-1.
2. Другов, Ю. С. Газохроматографический анализ природного газа [Электронный ресурс] / Ю. С. Другов. - Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2009. - 174 с.: ил.; 25 см. - (Методы в химии). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 172 (14 назв.). - ISBN 978-5-94774-763-8
3. Хенке, Х. Жидкостная хроматография / Х. Хенке; пер. с нем. Н. Е. Киреева; ред. А.

А. Демин. - М.: Техносфера, 2009. - 263 с.: ил.; 25 см. - Библиогр.: с. 220- 223. - ISBN 978-5-94836-198-7:

4. Москвин, Л. Н. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии [Текст]: учебник / Л. Н. Москвин, О. В. Родинков. - 2-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 348 с.: ил.; 21 см. - ISBN 978-5-91559-129-4:

5. Сычев, С. Н. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Аналитика, физическая химия, распознавание многокомпонентных систем [Текст]: учеб. пособие / С. Сычев

#### **б) перечень основной литературы**

6. Гольберт, К. А. Введение в газовую хроматографию [Текст] / К.А. Гольберт, М.С. Вигдергауз. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1990. - 351 с.: ил.; 21см. - ISBN 572450412X:

7. Количественный анализ хроматографическими методами [Текст] / Э. Грушка, Э. Йенсен, С. Хатиб и др. ; Ред. Э.Кэц; Перевод с англ. А.В. Родионова и др.; Под ред. В.Г. Березкина. - М.: Мир, 1990. - 319 с.: ил.; 22см. - ISBN 5030012109:



#### **в) список авторских методических разработок:**

1. Макаров В. А. Хроматография (методические рекомендации к практическим занятиям). Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2005. – 42 с.

#### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.msu.ru/libraries/>

Данный интернет источник – это сайт Московского государственного университета, на котором представлены различные информационные материалы.

2. <http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/>

Данный Интернет- источник – это сайт южного федерального университета (РГУ), на котором представлены различные лекции

## **VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Помещения для проведения лекционных и лабораторных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, приборной базой и реактивами, а именно:

- аудитории, оснащенные мультимедийными средствами, для проведения аудиторных и практических занятий (ауд. 402, 426, 303); ауд. 5, 402, 426 оборудованы мультимедийными проекторами (InFocus IN 105 (3D Ready), настенными экранами, ноутбуками Samsung NP 300T5A-A0FRU.

- компьютерный класс кафедры физической и коллоидной химии (ауд. 303). Общее количество единиц вычислительной техники – 5: Pentium IV – 1 шт.; Pentium III – 1 шт.; Pentium I – 3 шт. Имеется локальная сеть.

лабораторный практикум (ауд. 321), оснащенные следующим оборудованием:

№ п/п	Наименование	Количество
1.	Хроматограф «Милихром 1».	1
2.	pH -метр.	1
3.	Центрифуга	1
4.	Весы аналитические	1
5.	Сушильный шкаф	1
6.	Мерные колбы на 25, 50, 100 мл	20,20,20
7.	Градуированные пипетки	в ассортимент
8.	Мерные цилиндры	в ассортимент
9.	Градуированные пробирки	в ассортимент
10.	Агатовая ступка, фарфоровая ступка	1; 10
11.	Водяная и песчаная бани	2; 1
12.	Вакуумный испаритель	1
13.	Насос Камовского, водоструйный насос	1; 1
14.	Весы ВЛТК-500	1
15.	Хроматограф ЛХМ 8 МД	3
16.	Хроматограф Хроматэк-Кристалл 5000.2	1
17.	Штатив	5
18.	Набор химической посуды (стаканы, пробирки, и т.д.)	В необходимом кол-ве

## 6.2. Программное обеспечение:

Хроматэк Аналитик

## 6.3. Технические и электронные средства обучения:

## VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Наименование тем занятий с указанием форм/методов/технологий дистанционного, интерактивного обучения:

№ п/п	Тема занятия	Вид занятия	Форма/методы/технологии и дистанционного, интерактивного обучения	Кол-во часов
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	Основы хроматографии	лабораторные/практические	Групповая дискуссия/ролевые игры	15
2	Высокоэффективная жидкостная хроматография	лабораторные/практические	Групповая дискуссия / ролевые игры	15
3	Газовая хроматография	лабораторные/практические	Групповая дискуссия / ролевые игры	15
<b>Итого часов:</b>				<b>45</b>

## VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы (ОМ):

8.1.1. Оценочные материалы для входного контроля

8.1.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции (компоненты), которые контролируются
1	2	3	4
1	Подготовка реферата. Ролевые игры.	Основы хроматографии	ПК-4, ПК-5
2	Подготовка реферата. Ролевые игры.	Высокоэффективная жидкостная хроматография	ПК-4, ПК-5
3	Подготовка реферата. Ролевые игры.	Газовая хроматография	ПК-4, ПК-5

#### Темы для рефератов

1. Общие сведения о хроматографии
2. Теория равновесной газовой хроматографии
3. Теории неравновесной хроматографии
4. Качественный и количественный газохроматографический анализ
5. Физико-химическое применение газовой хроматографии
6. Факторы, влияющие на эффективность разделения
7. Детекторы

## Программа оценивания контролируемых компетенций:

Тема или раздел дисциплины <sup>1</sup>	Код индикатора компетенции	Планируемый результат	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС <sup>2</sup>		
					ТК <sup>3</sup>	ПА <sup>4</sup>	
Основы хроматографии	ИДК ПК-4.1 Обрабатывает полученные результаты исследований с использованием стандартных методов (методик)	<b>Владеть:</b> навыками обработки полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)	Владеет навыками обработки полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)	Владеет материалом по основам хроматографии по итогам устного собеседования.  Представил отчеты по лабораторным работам.	УО, О	Экзамен	
	<i>ИДК ПК-4.4</i> Составляет протоколы испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме	<b>Владеть:</b> навыками составления протоколов испытаний, отчетов о выполненной работе по заданной форме	Владеет навыками составления протоколов испытаний, отчетов о выполненной работе по заданной форме	Владеет материалом по основам хроматографии по итогам устного собеседования. Представил отчеты по лабораторным работам			УО, О
	<i>ИДК ПК-5.3</i> Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	<b>Знать:</b> способы оценки погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования <b>Уметь:</b> оценивать погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	Знает способы оценки погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования  Умеет оценивать погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	Знает материал по основам хроматографии по итогам устного собеседования. Представил отчеты по лабораторным работам.			УО, О
Высокоэффективная жидкостная хроматография	ИДК ПК-4.1 Обрабатывает полученные результаты исследований с использованием стандартных методов (методик)	<b>Владеть:</b> навыками обработки полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)	Владеет навыками обработки полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)	Владеет материалом по основам хроматографии по итогам устного собеседования.  Представил отчеты по лабораторным работам.	УО, О	Экзамен	
	<i>ИДК ПК-4.4</i> Составляет протоколы	<b>Владеть:</b> навыками составления протоколов испытаний, отчетов о	Владеет навыками составления протоколов испытаний, отчетов о	Владеет материалом по основам хроматографии			УО, О

	испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме	выполненной работе по заданной форме	выполненной работе по заданной форме	по итогам устного собеседования. Представил отчеты по лабораторным работам.	
	<i>ИДК ПК-5.3</i> Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	<b>Знать:</b> способы оценки погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования <b>Уметь:</b> оценивать погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	Знает способы оценки погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования Умеет оценивать погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	Знает материал по основам хроматографии по итогам устного собеседования. Представил отчеты по лабораторным работам.	УО, О
Газовая хроматография	<i>ИДК ПК-4.1</i> Обрабатывает полученные результаты исследований с использованием стандартных методов (методик)	<b>Владеть:</b> навыками обработки полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)	Владеет навыками обработки полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)	Владеет материалом по основам хроматографии по итогам устного собеседования. Представил отчеты по лабораторным работам. Представил реферат.	УО, О, Р
	<i>ИДК ПК-4.4</i> Составляет протоколы испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме	<b>Владеть:</b> навыками составления протоколов испытаний, отчетов о выполненной работе по заданной форме	Владеет навыками составления протоколов испытаний, отчетов о выполненной работе по заданной форме	Владеет материалом по основам хроматографии по итогам устного собеседования. Представил отчеты по лабораторным работам. Представил реферат.	УО, О, Р
	<i>ИДК ПК-5.3</i> Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	<b>Знать:</b> способы оценки погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования <b>Уметь:</b> оценивать погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	Знает способы оценки погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования Умеет оценивать погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	Знает материал по основам хроматографии по итогам устного собеседования. Представил отчеты по лабораторным работам. Представил реферат.	УО, О, Р

У –устный опрос, Кл-коллоквиум, О-отчет по лабораторной работе, К- контрольная работа, Р - реферат

Промежуточная аттестация (экзамен) может проводиться в форме устного собеседования.

### ПРИМЕРНЫЙ СПИСОК ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ:

1. Адсорбционная жидкостная колоночная хроматография. Теоретические основы метода. Идеальная равновесная хроматография. Статика, динамика и кинетика процессов, протекающих в хроматографической колонке.
2. Аппаратура для колоночной хроматографии: колонки, коллекторы для сбора фракций, детекторы и др. Неподвижные фазы — адсорбенты. Требования к адсорбентам, классификация, характеристика наиболее распространенных адсорбентов. Силикагель, оксид алюминия, молекулярные сита, активированный уголь. Методы определения активности адсорбентов.
3. Подвижные фазы — растворители и десорбенты. Элюотропные ряды. Требования к подвижным фазам. Качественный и количественный анализ. Препаративная хроматография.
4. Распределительная хроматография.
  1. Роль конвективного переноса, диффузии и сорбционного равновесия в хроматографическом процессе. Коэффициент ёмкости, константа распределения, подвижность, коэффициент  $R_f$ . Работы Н.А. Фукса. Теория линейной распределительной хроматографии. Неподвижная и подвижная фазы в распределительной хроматографии.
  2. Бумажная хроматография.
  3. Методы бумажной хроматографии (восходящая, нисходящая, повторная, двумерная, круговая), понятия и названия. Хроматографическая бумага, правила работы с бумагой. Метод обращенных фаз. Выбор неподвижной фазы. Требования к неподвижным фазам. Выбор подвижной фазы. Растворители и требования к ним.
  4. Тонкослойная хроматография.
  5. Методы ТСХ, понятия и названия. Аппаратура для ТСХ: пластины, сканирующие устройства, камеры для приготовления пластин с закрепленным слоем, камеры для хранения пластин, хроматографические камеры. Неподвижные фазы в ТСХ, требования к ним. Активность слоя и правило Штала. Подвижные фазы, элюотропный ряд Штала. Качественный анализ (метод специфических цветных реакций, метод «свидетелей» и др). Методы количественного анализа. Препаративная ТСХ.
  6. Ионообменная хроматография.
  7. Теоретические основы метода. Ионный обмен, пять стадий ионного обмена, ионообменное равновесие, изотерма ионного обмена. Ряды сродства. Ионный обмен в смешанных средах.
  8. Аппаратура для ионообменной хроматографии. Иониты, требования к ним, классификация ионитов, структура синтетических ионитов, химическое строение ионитов.
  9. Подвижные фазы в ионообменной хроматографии, рН и ионная сила — основные свойства подвижной фазы. Качественный и количественный анализ.
  10. Гель — хроматография.

11. Теоретические основы метода. Механизм молекулярно-весового распределения. Основные понятия. Модель пространственного запрета, разрешение, эффективность, селективность. Величины измерений в ГПХ.
12. Типы гелей, их структурные особенности. Требования, предъявляемые к гелям. Селективность гелей. Подвижная фаза. Требования к растворителям. Условия применения растворителей. Аппаратура ГПХ. Качественный и количественный анализ.
13. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), ее современное состояние в мире и РФ. Типичные задачи, решаемые методом ВЭЖХ.
14. Блок-схема современного жидкостного хроматографа, основные узлы хроматографа.
15. Хроматографическая колонка, оптимизация работы колонки, ее эффективность. Факторы, влияющие на эффективность колонки. Теория тарелок, понятие о высоте, эквивалентной теоретической тарелке (ВЭТТ) и приведенной высоты эквивалентной теоретической тарелки (ПВЭТТ).
16. Размывание в колонке (вихревая, молекулярная диффузии, сопротивление массопередаче).
17. Уравнение Ван-Деемтера, его графическое отображение, выбор оптимальных условий хроматографирования.
18. Требования к жидкостям, входящим в состав элюента. Вклад подвижной фазы в процессы хроматографирования.
19. Размывание вне колонки, способы его уменьшения.
20. Вопросы теории современной ВЭЖХ.
21. Сорбенты, используемые в ВЭЖХ. Сорбенты на основе силикагеля: прямофазные и обращеннофазные сорбенты, их достоинства и недостатки.
22. Способы инактивации остаточных силанолов в модифицированных сорбентах (алкильные мостики, полимерные сорбенты).
23. Сорбенты нового поколения. Сорбенты фирмы Сайлс, их достоинства.
24. Современные колонки (монолитные, перфузионные, с сорбентами специфическими, углеродными). Система оценки сорбентов в колонках.
25. Детекторы в ВЭЖХ, их классификации. Общие свойства детекторов, требования к ним.
26. Специфические и универсальные детекторы, их характеристики.
27. Изократическое и градиентное элюирование.
28. Сущность газо-адсорбционной хроматографии (ГАХ)
29. Виды адсорбентов, применяемых в газовой хроматографии. Их классификации.
30. Молекулярные сита и их применение в ГАХ.
31. Модифицирование поверхности адсорбентов.
32. Качественный газохроматографический анализ. (Идентификация методом добавок. Индексы удерживания Ковача. Реакционная аналитическая хроматография. Метод вычитания пиков. Метод «сдвига» пиков.)
33. Метод внутренней нормализации (нормировки) без применения и с применением калибровочных коэффициентов.
34. Принцип действия, устройство и характеристики катарометра (детектор по теплопроводности).
35. Сущность газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ).



36. Виды адсорбентов, применяемых в ГЖХ, их классификация.
37. Количественный газохроматографический анализ (графический метод измерения площадей пиков (в случае полного и неполного разделения пиков). Методы расчета хроматограмм (метод абсолютной калибровки, метод внутреннего стандарта).
38. Факторы, влияющие на эффективность разделения (требования, предъявляемые к газу-носителю и неподвижным жидким фазам).
39. Принцип действия, устройство и характеристики пламенно-ионизационного детектора.
40. Диффузионно-массообменная теория Ван-Деемтера.
41. Физико-химическое применение ГХ: построение изотермы сорбции, определение теплоты и энтропии сорбции, определение удельной поверхности адсорбентов по объемам удерживания, определение удельной поверхности методом тепловой десорбции азота.

**Разработчики:**



доцент            Г.Н. Королева  
доцент            Е.Ф. Рохина  
доцент            Н.И.Скрипов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 – «Химия».

Программа рассмотрена на совместном заседании кафедры аналитической, физической и коллоидной химии, кафедры теоретической и прикладной органической химии и полимеризационных процессов.

Протокол № 6 от «18» мая 2023 г.

Зав. кафедрой  А.Г. Пройдаков

Протокол № 6 от «08» июня 2023 г.

И.о. зав. кафедрой  Л.Б. Бельх

Протокол № 9 от «02» июля 2023 г.

Зав. кафедрой  О.А. Эдельштейн

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*