

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Химический факультет
Кафедра аналитической химии



УТВЕРЖДАЮ

Проректор

Машаров

П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.

МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Укрупненная группа направлений подготовки	04.00.00 Химия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	04.03.01 Химия
Профиль подготовки	Общий
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная, очно-заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Хроматографические методы анализа» для обучающихся по направлению подготовки 04.03.01 Химия, составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 04.03.01 Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 июля 2017 г. № 671 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчики:

Заведующий кафедрой аналитической химии,
д-р хим. наук, проф.



А.С. Алемасова

Доцент кафедры аналитической химии,
канд. хим. наук, доцент



Н.Д. Щепина

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры аналитической химии
Протокол от 26.03.2024 г. № 13

Заведующий кафедрой



А.С. Алемасова

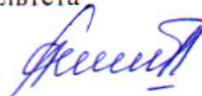
СОГЛАСОВАНО:

Декан химического факультета
28.03.2024 г.



С.Г. Бахтин

Учебно-методическая комиссия химического факультета
Протокол от 27.03.2024 г. № 2
Председатель



Р.И. Лыга

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы,
д-р хим. наук, проф.
28.03.2024 г.



В.М. Михальчук

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Математика, Физика, Неорганическая химия, Аналитическая химия, Органическая химия, Безопасность жизнедеятельности, Экология, Экологическая аналитическая химия, Физическая химия.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Техногенные системы и экологический риск, Химия окружающей среды, Производственная практика: преддипломная (обязательная).

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	04.03.01 Химия (программа бакалавриата: Химия)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.5 Хроматографические методы анализа
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	2 / 72

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	6	34	–	–	38	72	Зачет
Очно-заочная	4	8	10	–	–	62	72	Зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дать студентам фундаментально-научную и практическую подготовку по хроматографическим методам анализа, сформировать четкие представления о хроматографических методах анализа как области научного знания, их связи с другими науками и их практическое значение; выработать у бакалавров комплекс соответствующих умений и личностных свойств.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-2.	ОПК-2.1.	ОПК-2.1.1. Знает правила работы с химическими

Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	Проводит химический эксперимент по установлению качественного и количественного состава, свойств веществ и материалов с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности	веществами с соблюдением норм техники безопасности ОПК-2.1.2. Умеет проводить анализ веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик, стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе, исследования свойств веществ и материалов с использованием хроматографических методов анализа и серийного научного оборудования
--	---	--

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Тема 1. Общая характеристика хроматографических методов анализа.	Общие принципы, универсальная схема хроматографического разделения и анализа. Классификация хроматографических методов и механизмы распределения. Возможности хроматографического анализа и сравнение с другими методами.
Тема 2. Основные положения теории хроматографического анализа.	Параметры хроматограммы, хроматографический пик. Качественный и количественный анализ. Система индексов удерживания Ковача и другие корреляции. Способы количественного определения: нормирования, внутреннего нормирования, внешнего стандарта (абсолютной калибровки).
Тема 3. Эффективность и селективность в хроматографии.	Эффективность работы колонки. Теория равновесной (идеальной) хроматографии. Теория эквивалентных колонок. Диффузионная (кинетическая) теория. Селективность сорбента и ее характеристики. Оптимизация процесса разделения.
Тема 4. Подвижная и неподвижная фазы в хроматографии.	Адсорбенты для хроматографии. Модификация поверхности адсорбентов. Типы и характеристики неподвижных жидких фаз. Носители для неподвижных жидких фаз. Основные узлы хроматографов.
Тема 5. Газовая хроматография.	Общие положения, подвижная фаза в газовой хроматографии. Хроматографические колонки и детекторы. Качественный и количественный анализ. Особенности газоадсорбционной и газожидкостной хроматографии. Схемы и принципы работы газовых хроматографов с детекторами по

	теплопроводности и пламенно-ионизационным. Практическое применение.
Тема 6. Жидкостная хроматография.	Подвижная и неподвижная фазы. Основные блоки жидкостного хроматографа. Особенности жидкостной адсорбционной и жидкостной распределительной хроматографии. Высокоэффективная жидкостная хроматография.
Тема 7. Ионообменная хроматография.	Особенности распределения ионов между фазами. Классификация и свойства ионообменных сорбентов. Подготовка ионообменных смол и методы определения их хроматографии основных физических и химических свойств. Факторы, влияющие на сорбцию ионов ионитами. Применение ионообменной хроматографии в анализе. Ионная хроматография. Схема и принцип работы ионного хроматографа.
Тема 8. Плоскостная (планарная) хроматография.	Плоскостная хроматография. Техника проведения анализа. Количественные характеристики в плоскостной хроматографии. Бумажная и тонкослойная хроматография, механизмы распределения между фазами. Типовые пластинки для тонкослойной хроматографии.
Тема 9. Другие виды хроматографии: осадочная, комплексообразовательная, окислительно-остановительная, гель-хроматография, электрофоретические методы.	Осадочная хроматография. Гель-хроматография. Комплексообразовательная. Окислительно-восстановительная. Электрофоретические методы. Общая характеристика методов, принципы распределения веществ между фазами и применение.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 6

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+ Контроль	Всего
Тема 1. Общая характеристика хроматографических методов анализа.	3			5	8
Тема 2. Основные положения теории хроматографического анализа.	4			4	8
Тема 3. Эффективность и селективность в хроматографии.	4			4	8
Тема 4. Подвижная и неподвижная фазы в хроматографии.	4			4	8
Тема 5. Газовая хроматография.	4			4	8
Тема 6. Жидкостная хроматография.	4			4	8

Тема 7. Ионообменная хроматография.	4			4	8
Тема 8. Плоскостная (планарная) хроматография.	3			5	8
Тема 9. Другие виды хроматографии: осадочная, комплексообразовательная, окислительно-остановительная, гель-хроматография, электрофоретические методы.	4			4	8
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	34	–	–	38	72

6.2. Форма обучения – очно-заочная, курс – 4, семестр – 8

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+ Контроль	Всего
Тема 1. Общая характеристика хроматографических методов анализа.	1			7	8
Тема 2. Основные положения теории хроматографического анализа.	1			7	8
Тема 3. Эффективность и селективность в хроматографии.	1			7	8
Тема 4. Подвижная и неподвижная фазы в хроматографии.	1			7	8
Тема 5. Газовая хроматография.	1			7	8
Тема 6. Жидкостная хроматография.	1			7	8
Тема 7. Ионообменная хроматография.	1			7	88
Тема 8. Плоскостная (планарная) хроматография.	1			7	8
Тема 9. Другие виды хроматографии: осадочная, комплексообразовательная, окислительно-остановительная, гель-хроматография, электрофоретические методы.	2			6	8
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	10	–	–	62	72

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

1. Сформулируйте принцип хроматографического разделения в общем случае, т. е. независимо от конкретного метода хроматографии.
2. Дайте определение, что такое аналитическая хроматография.
3. Обоснуйте метод анализа смеси, состоящей из двух фракций с очень отличающимися размерами молекул.
4. Обоснуйте зависимость времени удерживания веществ от размеров их молекул в молекулярно-ситовой хроматографии.

5. Обоснуйте выбор детектора для газохроматографического определения хлорсодержащего пестицида, который содержится в воздухе в очень малой концентрации.
6. Обоснуйте особенности отбора пробы для газохроматографического определения токсиканта, если он содержится в очень малой концентрации.
7. Обоснуйте выбор оптимального газа-носителя в газовой хроматографии, если в схеме задействован детектор по теплопроводности.
8. Обоснуйте выбор оптимального газа-носителя в газовой хроматографии, если в схеме задействован электронозахватный детектор.
9. Как зависит эффективность работы хроматографической колонки от размеров зерен сорбента и плотности их упаковки?
10. Поясните принцип действия пламенно-ионизационного детектора. Сколько газовых линий подводится к детектору?
11. Какие детекторы и почему принадлежат к селективным, а какие к универсальным в газовой хроматографии: пламенно-ионизационный, масс-спектрометрический, по теплопроводности, пламенно-фотометрический?
12. Какие две большие группы неподвижных фаз используют в газовой хроматографии?
13. Какое из приведенных веществ может быть использовано в качестве жидкой неподвижной фазы, если подвижной фазой является вода: этанол, вазелиновое масло, метанол?
14. Какой алкан имеет большее время удерживания на одной и той же неподвижной фазе: C_5H_{12} , C_7H_{16} ?
15. На основе какого параметра кривой элюирования проводят идентификацию компонентов анализируемой смеси?
16. Что такое индекс удерживания Ковача и как его определяют?
17. На газожидкостной хроматографической колонке исправленный удерживаемый объем этана равен 12,3 мл, пропана - 15,7 мл, вещества А - 14,6 мл. Рассчитайте индекс удерживания Ковача вещества А.
18. Как проводят идентификацию веществ в плоскостной хроматографии?
19. Напишите уравнения ионообменных реакций, на которых основывается деминерализация воды.
20. Какие ионогенные группы входят в состав катионитов?
21. Какие вещества обычно служат образцами сравнения при определении индекса Ковача?
22. Какие ионогенные группы входят в состав анионитов?
23. Какие матрицы типовых ионитов применяются шире?
24. Обменная емкость каких катионитов больше зависит от pH: слабокислотных или сильнокислотных?
25. Каков принцип получения аналитических концентратов с помощью ионообменных сорбентов?
26. Какого типа хроматограф следует использовать для определения в водах сульфат- и фторид-ионов?
27. Рассчитать объем 0,1 н хлорида бария, который можно пропустить через 100 мл набухлого катионита КУ-2 до момента проскока катионов бария. Динамическая обменная емкость КУ-2 равна 1,2 ммоль-экв/ мл.
28. Чем отличается высокоэффективная жидкостная хроматография от классической жидкостной хроматографии?
29. Чем электрофоретические методы отличаются от других хроматографических?

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
Тема 1-9	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	15
	Контрольная работа по теоретическому материалу	30
ИТОГО		50
Зачет		50
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в IX учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, ул. Щорса, 17а). Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.405).

При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии. С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Беккер Ю., Курганова А.А. Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза. - М.: Техносфера, 2009.
2. Хенке Х., Демина А.А Жидкостная хроматография. - М.: Техносфера, 2009.

3. Другов Ю.С., Зенкевич И.Г., Родин А.А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний: Физматлит, 2009.
4. Билдингмейер Б., Фрайд Б., Хегнауер Г. Препаративная жидкостная хроматография. - Мир, 1990.
5. Айвазов Б.В. Введение в хроматографию. – М.: Высш. шк. - 1983.
6. Тимербаев А.Р., Петрухин О.М, Золотов Ю.А. Жидкостная адсорбционная хроматография хелатов. – М.: Наука, 1989.
7. Бауэр Г., Хеншен А., Энгельгард Х. Высокоэффективная жидкостная хроматография в биохимии. - М.: Мир, 1988.
8. Столяров Б.В., Савинов И.М. Практическая газовая и жидкостная хроматография. – СПб.: Изд-во СПб.ун-та, 2002.
9. Кирхнер Ю. Тонкослойная хроматография. – М.: Мир, 1981.
10. Белявская Т.А., Большова Т.А., Брыкина Т.Д. Хроматография неорганических веществ (практическое руководство). – М.: Высш. шк., 1986.

11.2. Дополнительная литература

1. Другов Ю.С Анализ загрязненных биосред и пищевых продуктов: практическое руководство. – М.: БИНОМ. Лаб. заний, 2007.
2. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
3. Столяров Б.В., Савинов И.М. Практическая газовая и жидкостная хроматография. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2002.
4. Руденко Б.А., Руденко Г.И. Высокоэффективные хроматографические процессы. Т. 2 Процессы с конденсированными подвижными фазами. – М.: Наука, 2003.
5. Пругло Г.Ф., Фёдорова О.В., Смит Р.А. Хроматографические методы анализа: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУ ПТД. – СПб., 2017. – 85 с.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/>

(дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).