

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.05.2026 12:05:32
Уникальный программный ключ:
ca953a01204891083f939673078ef1a989aae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
Факультет физико-математических и естественных наук**
(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ХРОМАТОГРАФИЯ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

04.03.01 ХИМИЯ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

ХИМИЯ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Хроматография» входит в программу бакалавриата «Химия» по направлению 04.03.01 «Химия» и изучается в 7 семестре 4 курса. Дисциплину реализует Кафедра физической и коллоидной химии. Дисциплина состоит из 4 разделов и 10 тем и направлена на изучение Дисциплина «Хроматография» входит в программу бакалавриата «Химия» по направлению 04.03.01 «Химия» и изучается в 7 семестре 4 курса. Дисциплину реализует Кафедра физической и коллоидной химии. Дисциплина состоит из 4 разделов и 10 тем и направлена на изучение теоретических знаний по хроматографии и хроматографических методов анализа.

Целью освоения дисциплины является Получение студентами теоретических знаний по применению хроматографических методов для изучения химических процессов на современном уровне и во взаимосвязи с другими науками. Дисциплина «Хроматография» предназначена для студентов старших курсов бакалавриата прослушавших курсы фундаментальных дисциплин по органической, аналитической, неорганической и физической химий.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Хроматография» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ОПК-1.1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов, свойств веществ и материалов;; ОПК-1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии;;
ОПК-3	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ОПК-3.1 Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности;;
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач	ПК-1.1 Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования; ПК-1.2 Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности; ПК-1.3 Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин;
ПК-4	Способен использовать современные методы синтеза, установления структуры и исследования свойств и реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации	ПК-4.2 Владеет навыками использования современных методов и аппаратуры для изучения химических процессов, строения и свойств химических соединений;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Хроматография» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Хроматография».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	Учебная практика; Неорганическая химия; Аналитическая химия; Органическая химия; Физическая химия; Химическая технология; Строение вещества; Основы квантовой химии; Высокомолекулярные соединения; Компьютерные технологии в химии;	Научно -исследовательская работа; Избранные главы химии; Экспериментальные методы исследования в химии;
ОПК-3	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	Цифровая грамотность; Основы квантовой химии; Компьютерные технологии в химии;	Научно -исследовательская работа;
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач	Учебная практика; Неорганическая химия; Аналитическая химия; Органическая химия; Физическая химия; Химическая технология; Введение в специальность; Строение вещества; Основы квантовой химии; Высокомолекулярные соединения; <i>Введение в химию координационных соединений**;</i> <i>Основы нанохимии**;</i> <i>Химия лекарственных веществ**;</i>	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика; Избранные главы химии; Экспериментальные методы исследования в химии;
ПК-4	Способен использовать современные методы синтеза, установления структуры и исследования свойств и реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой	Неорганическая химия; Органическая химия; Аналитическая химия; Физическая химия;	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика; Экспериментальные методы исследования в химии;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	квалификации		

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Хроматография» составляет «2» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			7
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	54		54
Лекции (ЛК)	0		0
Лабораторные работы (ЛР)	54		54
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	0		0
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	72	72
	зач.ед.	2	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Основные понятия и классификации хроматографических методов	1.1	Хроматография, хроматографическая зона, хроматограмма. Основные параметры хроматограммы: время и объем удерживания вещества, ширина пика.	<p>Рассмотрены базовые концепции хроматографического метода анализа. Хроматография определена как физико-химический метод разделения смесей, основанный на различном распределении компонентов между подвижной и неподвижной фазами, что приводит к дифференциальной миграции веществ. Хроматографическая зона охарактеризована как область локализации индивидуального соединения в слое сорбента, движущаяся вдоль колонки с постоянной скоростью и имеющая распределение концентрации, приближающееся к гауссову. Хроматограмма представлена как выходной сигнал детектора в координатах «интенсивность — время (или объем элюента)», представляющий собой последовательность пиков, каждый из которых соответствует определенному компоненту.</p> <p>Систематизированы основные параметры хроматограммы. Время удерживания (t_R) определено как интервал от момента ввода пробы до достижения максимума пика; включает мертвое время (t_0) и исправленное время удерживания (t_R')</p>	ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>R ,</p> <p>). Объем удерживания (V R V R</p> <p>) связан с временем удерживания через объемную скорость потока (V R = F · t R V R</p> <p>=F·t R</p> <p>) и пропорционален константе распределения Генри. Ширина пика рассмотрена как мера размывания хроматографической зоны; стандартизированы способы ее измерения — ширина на половине высоты (w h w h</p> <p>) и ширина у основания (w b</p>	

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				$= 4\sigma$ w b $=4\sigma$). Показано, что параметры удерживания служат для качественной идентификации веществ, а ширина пика (в сочетании с площадью) определяет эффективность колонки и используется для количественного анализа и расчета разрешения.	
		1.2	Классификации методов хроматографии: по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по механизму разделения, по технике выполнения.	Рассмотрены основные принципы систематизации хроматографических методов. Показано, что многообразие вариантов хроматографического разделения обуславливает необходимость их классификации по трем ключевым критериям: агрегатному состоянию фаз, механизму удерживания и технике выполнения.	ЛР
Раздел 2	Равновесная и неравновесная хроматография	2.1	Теория равновесной газовой хроматографии, уравнение материального баланса. Теория неравновесной газовой хроматографии.	Рассмотрены теоретические основы газовой хроматографии, описывающие движение и размытие хроматографических зон. Анализ проведен в рамках двух подходов: равновесной (идеальной) и неравновесной (реальной) хроматографии.	ЛР
		2.2	Теория теоретических тарелок. Кинетическая теория эффективной диффузии. Факторы, влияющие на эффективность хроматографической колонки.	Рассмотрены теоретические подходы к описанию эффективности хроматографических колонок — теория теоретических тарелок и кинетическая теория эффективной диффузии. Проанализированы основные факторы, определяющие степень размытия хроматографических зон.	ЛР
		2.3	Селективность и эффективность хроматографического разделения. Влияние различных факторов на эффективность разделения.	Рассмотрены два ключевых критерия хроматографического разделения — эффективность и селективность. Эффективность характеризует способность колонки сохранять узость зоны и оценивается числом теоретических тарелок (N) или высотой, эквивалентной теоретической тарелке ($H = L/N$). Селективность (фактор разделения α) отражает термодинамическую способность системы различать компоненты и определяется отношением исправленных времен удерживания. Интегральным критерием является разрешение R_s , объединяющее оба параметра.	ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				На эффективность разделения влияют: размер частиц сорбента (уменьшение d_p снижает N), скорость потока подвижной фазы (оптимум по кривой Ван-Деемтера), температура (повышение ускоряет диффузию), длина колонки (прямо пропорциональна N) и качество набивки. Селективность определяется природой неподвижной фазы, составом подвижной фазы (в ВЭЖХ) и температурой (в ГХ). Для достижения максимального разрешения необходима комплексная оптимизация обоих параметров, причем селективность является более эффективным рычагом повышения качества разделения, чем простое увеличение N .	
		2.4	Программирование температуры, хроматермография. Расчет числа теоретических тарелок и длины колонки, необходимых для получения заданного критерия разрешения.	рассмотрены методы программирования температуры в газовой хроматографии и понятие хроматермографии, а также подходы к расчету числа теоретических тарелок и длины колонки для достижения заданного разрешения. Программирование температуры представляет собой режим, при котором температура колонки изменяется по заданному закону (линейно, ступенчато) в процессе анализа. Этот метод позволяет разделять смеси с широким диапазоном летучести компонентов, сокращая время анализа и улучшая форму пиков поздних фракций. Хроматермография описывает закономерности удерживания в условиях температурного программирования, связывая параметры элюции с характеристиками изотермической хроматографии.	ЛР
Раздел 3	Методы идентификации веществ и количественный анализ в хроматографии	3.1	Методы идентификации веществ в хроматографии. Индексы удерживания Ковача и их свойства.	Рассмотрены основные методы идентификации веществ в хроматографии, среди которых ключевое место занимает использование индексов удерживания Ковача. Идентификация по времени удерживания предполагает сравнение параметра удерживания анализируемого компонента с параметром стандартного образца, однако этот метод ограничен влиянием условий эксперимента. Более надежным является метод добавок стандарта. Для газовой хроматографии универсальным подходом служат индексы удерживания Ковача (I), которые рассчитывают по шкале линейных алканов: $I = 100n + 100 \cdot (\log t'_{\{R(x)\}} - \log t'_{\{R(n)\}}) / (\log t'_{\{R(n+1)\}} - \log t'_{\{R(n)\}})$, где $t'_{\{R\}}$	ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				— исправленные времена удерживания алканов с n и $n+1$ атомами углерода и анализируемого вещества x . Свойства индексов Ковача: воспроизводимость между разными приборами при одинаковой неподвижной фазе, аддитивность при расчетах, слабая зависимость от температуры и возможность создания библиотек. Дополнительные методы идентификации включают хромато-масс-спектрометрию и использование селективных детекторов.	
		3.2	Количественный хроматографический анализ.	Рассмотрены основные типы детекторов в хроматографии, их чувствительность, селективность и области применения. Детектор — устройство, регистрирующее концентрацию или массовый расход вещества в подвижной фазе на выходе из колонки. Ключевыми характеристиками являются чувствительность (отклик на единицу концентрации) и селективность (способность реагировать на определенные соединения в присутствии других). Универсальные детекторы (пламенно-ионизационный в ГХ, рефрактометрический в ВЭЖХ) реагируют на большинство веществ, но обладают умеренной чувствительностью. Селективные детекторы (электронно-захватный, термоионный, фотоионизационный) обеспечивают высокую чувствительность к определенным классам соединений (галогенсодержащим, азот- и фосфорсодержащим). Масс-спектрометрический детектор сочетает высокую чувствительность с максимальной селективностью и возможностью идентификации. В жидкостной хроматографии широко применяют спектрофотометрические (УФ/ВИД) и флуориметрические детекторы. Выбор детектора определяется природой анализируемых веществ, требуемым пределом обнаружения и сложностью матрицы образца.	ЛР
Раздел 4	Газовая хроматография	4.1	Газоадсорбционная (ГАХ) и газожидкостная (ГЖХ) хроматографии. Сорбенты и носители, требования к ним. Процессы сорбции и распределения, лежащие в основе ГАХ и ГЖХ. Схема газового хроматографа.	Рассмотрены два варианта газовой хроматографии — газоадсорбционная (ГАХ) и газожидкостная (ГЖХ), различающиеся механизмом удерживания. В ГАХ разделение основано на физической адсорбции молекул на поверхности твердого сорбента (активированный уголь, силикагель, молекулярные сита, пористые полимеры). Требования к	ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>сорбентам: развитая удельная поверхность, химическая инертность, термостабильность и механическая прочность. В ГЖХ разделение обусловлено растворением (распределением) компонентов между газом-носителем и жидкой неподвижной фазой, нанесенной на инертный твердый носитель. Носитель должен быть пористым, механически прочным и не проявлять сорбционной активности. Требования к неподвижной жидкой фазе: низкая летучесть, термостабильность, селективность к разделяемым веществам. Схема газового хроматографа включает: баллон с газом-носителем, систему подготовки газа, испаритель, термостатируемую колонку, детектор и систему регистрации хроматограммы. Области применения: анализ летучих органических соединений, нефтепродуктов, загрязнителей окружающей среды.</p>	
		4.2	<p>Детекторы, их чувствительность и селективность. Области применения.</p>	<p>Рассмотрены основные типы детекторов в хроматографии, их чувствительность, селективность и области применения. Детектор регистрирует концентрацию или массовый расход вещества в подвижной фазе на выходе из колонки. Ключевые характеристики — чувствительность (отклик на единицу концентрации) и селективность (способность реагировать на определенные соединения в присутствии других). Универсальные детекторы, такие как пламенно-ионизационный в газовой хроматографии и рефрактометрический в жидкостной, реагируют на большинство веществ, но обладают умеренной чувствительностью. Селективные детекторы обеспечивают высокую чувствительность к определенным классам соединений: электронно-захватный — к галогенсодержащим, термоионный — к азот- и фосфорсодержащим. Масс-спектрометрический детектор сочетает высокую чувствительность с максимальной селективностью и возможностью идентификации. В жидкостной хроматографии широко применяют спектрофотометрические (УФ/ВИД) и флуориметрические детекторы. Выбор детектора определяется природой анализируемых веществ, требуемым пределом обнаружения и сложностью матрицы образца.</p>	ЛР

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: *ЛК* – лекции; *ЛР* – лабораторные работы; *СЗ* – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Хроматограф Кристалл 5000М, снабженный пламенно-ионизационным детектором и детектором по теплопроводности. Хроматек Аналитик 1.21.

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. . Винарский В.А. Хроматография [Электронный ресурс]: Курс лекций в двух частях: Часть 1. Газовая хроматография. — Электрон. текст. дан. (4,1 Мб). — Мн.: Научно-методический центр “Электронная книга БГУ”, 2003. — Режим доступа: <http://anubis.bsu.by/publications/elresources/Chemistry/vinarski.pdf> . — Электрон. версия печ. публикации, 2002. — PDF формат, версия 1.4 . — Систем. требования: Adobe Acrobat 5.0 и выше.— № гос. регистрации 1200300210.

2. Долгоносков, А. М. Колоночная аналитическая хроматография: практика, теория, моделирование : учебное пособие / А. М. Долгоносков, О. Б. Рудаков, А. Г. Прудковский. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 468 с. — ISBN 978-5-8114-1870-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/6359>

Дополнительная литература:

1. Конюхов, В. Ю. Хроматография : учебник / В. Ю. Конюхов. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1333-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4044>

2. Применение методов хроматографии в аналитической химии: Метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Аналитическая химия» : учебное пособие / П. В. Слитиков, Ж. Н. Каблучая, В. Н. Горячева, И. В. Татьяна. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58562>

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС «Юрайт» <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- Sage <https://journals.sagepub.com/>
- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>
- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- Научометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Хроматография».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИК:

<hr/> <i>Должность, БУП</i>	<hr/> <i>Подпись</i>	<hr/> Маркова Екатерина Борисовна <i>Фамилия И.О.</i>
-----------------------------	----------------------	---

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой физической и коллоидной химии	<hr/> <i>Подпись</i>	<hr/> Чередниченко Александр Генрихович <i>Фамилия И.О.</i>
<hr/> <i>Должность, БУП</i>		

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Заведующий кафедрой общей и неорганической химии	<hr/> <i>Подпись</i>	<hr/> Хрусталеv Виктор Николаевич <i>Фамилия И.О.</i>
<hr/> <i>Должность, БУП</i>		