

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Хроматографические и электрофоретические методы анализа», включающая оценочные и методические материалы

1. Требования к результатам обучения по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Группа компетенций	Категория компетенций	Коды и содержание компетенций
Универсальные	-	-
Общепрофессиональные	-	-
Профессиональные	-	ПК-2. Способен выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам

1.2. Компетенции и индикаторы их достижения, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Содержание индикатора компетенции
ПК-2	ПК-2.1	Знает набор стандартных операций, требующихся для решения профессиональных задач
	ПК-2.2	Умеет выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам при решении конкретных профессиональных задач
	ПК-2.3	Владеет основами отбора конкретных стандартных методик для решения конкретных профессиональных задач

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – приобретение обучающимися знаний по основным группам хроматографических и электрофоретических методов химического анализа, наиболее широко применяемых в промышленности и исследовательской работе, а также компетенций, необходимых химикам-технологам всех специальностей для решения конкретных задач химического анализа.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- физические основы методов хроматографических и электрофоретических анализа;
- основные приемы обработки экспериментальных данных; решать типовые задачи по хроматографии, используя методы математического (статистического) анализа; принципы работы основных приборов, используемых для проведения качественного и количественного анализа;

уметь:

- применять приобретенные практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных задач;
- проводить обоснованный выбор метода анализа с учетом целей и особенностей данной практической задачи;
- проводить расчеты на основе проведенных исследований;
- проводить метрологическую оценку результатов количественного химического анализа;

владеть:

- основами метрологической оценки результатов количественного химического анализа;
- приемами интерпретации результатов анализа на основе каллиметрических оценок;
- методологией химических и физико-химических методов анализа, широко используемых в современной аналитической практике;
- основами системы выбора методов качественного и количественного химического анализа для решения конкретных задач.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

Виды учебной работы	Формы обучения
	Очная
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	4/144
Контактная работа:	112
Занятия лекционного типа	32
Занятия семинарского типа	64
Консультации	16
Промежуточная аттестация	зачет
Самостоятельная работа (СР)	32

2.2. Темы (разделы) дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества часов по формам образовательной деятельности

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Виды учебной работы (в часах)						СР
		Контактная работа						
		Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				
		Л	Иные	ПЗ	С	ЛР	Иные	
1.	Общая характеристика хроматографических электрофоретических методов анализа	6	0	0	6	0	0	8
2.	Хроматографические методы анализа	8	0	20	0	20	0	16
3.	Электрофоретические методы анализа	8	0	6	0	12	0	8

Примечания:

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛР – лабораторные работы, СР – самостоятельная работа.

2.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) и видам работ

Содержание лекционного курса

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
1.	Общая характеристика хроматографических электрофоретических методов анализа	Общая характеристика спектральных методов. Классификация.
2.	Хроматографические методы анализа	2.1. Общая характеристика хроматографических методов. Теоретические основы хроматографических методов. Хроматограмма. Параметры удерживания. Качественная и количественная характеристики аналитического сигнала в колоночной хроматографии. Физико-химические основы хроматографического процесса. Классификация методов хроматографии по агрегатному состоянию фаз, по механизму разделения и способу оформления процесса. Степень разделения и критерий селективности. Критерий разделения. Оптимизация процессов разделения смесей веществ. Коэффициент распределения. Основное уравнение хроматографии. Связь формы выходной кривой с изотермой распределения в колоночной хроматографии. Высота, эквивалентная теоретической тарелке. Кинетическая теория хроматографии. Уравнение Ван-Деемтера. 2.2. Газожидкостная хроматография. Общая характеристика метода. Принципиальная схема газового хроматографа. Устройство и назначение узлов хроматографа. Требования, предъявляемые к неподвижной и подвижной фазам. Детекторы. Методы идентификации веществ в газовой хроматографии. Идентификация компонентов разделяемых

		<p>смесей с помощью логарифмических индексов удерживания. Способы количественного анализа. Примеры практического использования газовой хроматографии.</p> <p>2.3. Жидкостная хроматография. Классификация методов жидкостной хроматографии. Особенности ВЭЖХ. Принципиальная схема жидкостного хроматографа. Типы детекторов в ВЭЖХ. Жидкостноадсорбционная ВЭЖХ. Нормально-фазовый и обращено-фазовый варианты: сорбенты, элюенты, разделяемые вещества. Уравнение Нокса. Методы идентификации веществ и количественного анализа в ВЭЖХ. Примеры практического использования ВЭЖХ. Распределительная бумажная хроматография. Качественная и количественная характеристики аналитического сигнала. Область применения.</p> <p>2.4. Гель-хроматография. Подвижная и неподвижная фазы. Общее уравнение, описывающее процесс гель-хроматографии. Возможности гель-хроматографии. Примеры практического использования.</p> <p>2.5. Ионообменная и ионная хроматография. Требования, предъявляемые к реакциям ионного обмена. Особенности ионообменной хроматографии. Константа ионного обмена. Изотермы ионного обмена. Катиониты и аниониты. Коэффициент селективности. Ионная хроматография. Блок-схема ионного хроматографа. Разделяющие и компенсационные колонки. Аналитические возможности метода.</p> <p>2.6. Автоматический и автоматизированный анализ. Другие методы анализа. Дискретные автоматические анализаторы. Принцип действия. Непрерывный проточный анализ и проточно-инжекционный анализ. Понятие об аналитической масс-спектрометрии. Сущность метода. Анализ органических веществ. Элементный анализ.</p>
3.	Электрофоретические методы анализа	<p>Теоретические основы электрофореза. Классификация электрофоретических методов. Зональный электрофорез. Изоэлектрическое фокусирование. Изоэлектрофорез. Зональный электрофорез, классификация носителей. Практическое применение методов.</p>

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Общая характеристика хроматографических электрофоретических методов анализа	С	<p>Теоретические основы хроматографических методов. Классификация хроматографических методов.</p>
2.	Хроматографические методы анализа	ПЗ	<p>Газо-жидкостная хроматография. Принцип метода, объекты исследования.</p> <p>Влияние природы жидкой фазы и разделяемых веществ на эффективность разделения. Индексы удерживания Ковача.</p> <p>Высокоэффективная жидкостная хроматография. Сущность метода.</p> <p>Требования к адсорбентам и подвижной фазе. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения.</p> <p>Высокоэффективная жидкостная хроматография.</p> <p>Ионообменная хроматография. Изотермы ионного обмена.</p> <p>Кинетика и селективность ионного обмена.</p> <p>Влияние природы и состава элюента на селективность разделения веществ. Примеры применения.</p> <p>Эксклюзионная хроматография. Особенности механизма удерживания молекул.</p>

		ЛР	Газо-жидкостная хроматография. Анализ спиртов. Идентификация веществ в пробе по индексам удерживания Ковача Исследование зависимости эффективности капиллярных колонок от скорости газа-носителя. Определение моно- и дисахаридов методом тонкослойной хроматографии. Количественное определение глюкозы в растворе методом тонкослойной хроматографии Разделение веществ на колонках с неподвижными фазами различной полярности. Определение полярности колонок методом МакРейнольдса. Количественный газохроматографический анализ на капиллярных и насадочных колонках Проточно-инжекционный анализ.
4.	Электрофоретические методы анализа	ПЗ	Электрофоретические методы. Теоретические основы. Практическое применение и примеры использования электрофоретических методов
		ЛР	Определение анионов методом капиллярного электрофореза

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Общая характеристика хроматографических электрофоретических методов анализа	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
2.	Хроматографические методы анализа	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
3.	Электрофоретические методы анализа	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами

3. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости (в том числе рубежного) и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

По дисциплине (модулю) предусмотрены следующие виды контроля качества освоения:

- текущий контроль успеваемости (в том числе рубежный);
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

3.1.1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости (в том числе рубежного) по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Общая характеристика хроматографических электрофоретических методов анализа	Контрольная работа
2.	Хроматографические методы анализа	Контрольная работа
3.	Электрофоретические методы анализа	Контрольная работа

3.1.1. Типовые контрольные задания

Контрольный работа

1. Хроматограмма и ее параметры.
2. Параметры удерживания.
3. Качественная и количественная характеристики аналитического сигнала в колоночной хроматографии.
4. Классификация методов хроматографии по агрегатному состоянию фаз, по

механизму разделения и способу оформления процесса.

5. Основное уравнение хроматографии.
6. Высота, эквивалентная теоретической тарелке. Кинетическая теория хроматографии.
7. Уравнение Ван-Деемтера.
8. Газожидкостная хроматография. Принципиальная схема газового хроматографа. Детекторы.
9. Требования, предъявляемые к неподвижной и подвижной фазам.
10. Методы идентификации веществ.
11. Логарифмические индексы удерживания.
12. Жидкостная хроматография. Классификация методов жидкостной хроматографии.
13. ВЭЖХ. Принципиальная схема жидкостного хроматографа. Детекторы в ВЭЖХ. Нормально-фазовый и обращено-фазовый варианты: сорбенты, элюенты, разделяемые вещества.
14. Методы идентификации веществ и количественного анализа в ВЭЖХ.
15. Ионообменная и ионная хроматография.
16. Изотермы ионного обмена.
17. Катиониты и аниониты.
18. Коэффициент селективности.
19. Ионная хроматография. Блок-схема ионного хроматографа.
20. Электрофорез и его практическое применение

3.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Контрольная работа

Оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение изложить письменно.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка «отлично» ставится в случае, когда соблюдены все критерии.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но допускает несущественные погрешности.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала, затрудняется с ответами, показывает отсутствие должной связи между анализом, аргументацией и выводами.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся не отвечает на поставленные вопросы.

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

3.2.1. Задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

1. Значения R_f при хроматографическом разделении ионов на бумаге в среде бутанола, насыщенного 2М HCl, составляют: $\text{Co}^{2+} - 0,15$; $\text{Al}^{3+} - 0,10$; $\text{Zn}^{2+} - 0,60$. Используя ΔR_f , установите, какие ионы из предложенной смеси не могут быть четко идентифицированы, ответ объясните. Почему распределительная бумажная хроматография относится к жидкостно-жидкостной хроматографии?
2. Рассчитайте K_D и K_{av} для веществ А и В, разделенных на колонке с сефадексом G-25 с массой сухого геля 20г, если $V_R(\text{A}) = 45 \text{ см}^3$, $V_R(\text{B}) = 60 \text{ см}^3$. Воспользуйтесь справочными данными для 1 г сефадекса G-25: $V_i = 5 \text{ см}^3$, $V_0 = 2,0 \text{ см}^3$, $V_t = 2,5 \text{ см}^3$. Изобразите вид выходной кривой для данного случая.

3.2.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации

Процедура оценивания знаний (тест)

Предлагаемое количество заданий	20
Последовательность выборки	Определена по разделам
Критерии оценки	- правильный ответ на вопрос
«5» если	правильно выполнено 90-100% тестовых заданий
«4» если	правильно выполнено 70-89% тестовых заданий
«3» если	правильно выполнено 50-69% тестовых заданий

Процедура оценивания знаний (устный ответ)

Предел длительности	10 минут
Предлагаемое количество заданий	2
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	Случайная
Критерии оценки	- требуемый объем и структура - изложение материала без фактических ошибок - логика изложения - использование соответствующей терминологии - стиль речи и культура речи - подбор примеров их научной литературы и практики
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов
«3» если	требования выполнены частично – не выдержан объем, есть фактические ошибки, нарушена логика изложения, недостаточно используется соответствующая терминологии

Процедура оценивания умений и навыков (решение проблемно-аналитических и практических учебно-профессиональных задач)

Предлагаемое количество заданий	1
Последовательность выборки	Случайная
Критерии оценки:	- выделение и понимание проблемы - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения - полнота использования источников - наличие авторской позиции - соответствие ответа поставленному вопросу - использование социального опыта, материалов СМИ, статистических данных - логичность изложения - умение сделать квалифицированные выводы и обобщения с точки зрения решения профессиональных задач - умение привести пример - опора на теоретические положения - владение соответствующей терминологией
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов. Затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений
«3» если	требования выполнены частично – пытается обосновать свою точку зрения, однако слабо аргументирует научные положения, практически не способен самостоятельно сформулировать выводы и обобщения, не видит связь с профессиональной деятельностью

4. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1. Электронные и (или) печатные учебные издания

1. Баннов, А. Г. Инструментальные методы анализа: термический анализ и низкотемпературная адсорбция азота : учебное пособие / А. Г. Баннов, М. В. Попов. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 72 с. — ISBN 978-5-7782-3847-3. —

Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152336>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Водопьянова, С. В. Аналитический контроль минерального сырья в производстве силикатных материалов : учебное пособие / С. В. Водопьянова. — Казань : КНИТУ, 2018. — 100 с. — ISBN 978-5-7882-2353-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138521>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Матюхина О. Н., Сивков С.П. Методы термического анализа: учебное пособие. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. - 39 с.
4. Матюхина О.Н., Косинов Е.А. Методы рентгенографического анализа: текст лекций. М: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. 52 с.
5. Потапова Е.Н., Барина О.Н. Микроскопические методы исследования вяжущих материалов: Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2018. 168 с.
6. Физико-химические методы анализа : учебное пособие для вузов / В. Н. Казин [и др.] ; под редакцией Е. М. Плисса. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 201 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14964-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/518222>.

4.2. Электронные образовательные ресурсы

1. Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт») [Электронный ресурс]. – URL: <https://urait.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система ZNANIUM [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/>.
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/>.
4. e-Library.ru: Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – URL: <http://elibrary.ru/>.
5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. – URL: <http://cyberleninka.ru/>.
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – URL: <http://window.edu.ru/>.
7. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://fcior.edu.ru/>.

4.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к ниже следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

1. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. – URL: <http://dic.academic.ru>.
2. Система информационно-правового обеспечения «Гарант» [Электронный ресурс]. – <http://www.garant.ru/>.

4.4. Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Лицензионное программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных приложений Microsoft Office.
2. Свободно распространяемое программное обеспечение: свободные пакеты офисных приложений Apache Open Office, LibreOffice.
3. Программное обеспечение отечественного производства: справочно-правовая система «Гарант» (Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»), образовательная платформа ЮРАЙТ (Электронная библиотечная система «ЭБС

ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт»)), электронно-библиотечная система ZNANIUM, электронная библиотечная система «Консультант студента».

4.5. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины (модуля) используются учебные аудитории для проведения учебных занятий, которые оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, и помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

Наименование учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы*	Оснащенность учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами обучения
Учебные аудитории для проведения учебных занятий	Учебная аудитория укомплектована специализированной мебелью, отвечающей всем установленным нормам и требованиям, оборудованием и техническими средствами обучения (мобильное мультимедийное оборудование).
Помещение для самостоятельной работы	Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева и к ЭБС.

* Номер конкретной аудитории указан в расписании учебных занятий и расписании промежуточной аттестации.