

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1153438	Хроматографические методы

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Аналитический контроль природных и технических объектов	Код ОП 1. 18.04.01/33.09
Направление подготовки 1. Химическая технология	Код направления и уровня подготовки 1. 18.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Данилов Данил Анатольевич	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	физико-химических методов анализа

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Хроматографические методы

1.1. Аннотация содержания модуля

В структуре образовательной программы модуль «Хроматографические методы анализа» находится в обязательной части. Модуль посвящен основным методам хроматографического анализа, используемым в современной аналитической химии. Рассматриваются разнообразные варианты хроматографии, аппаратуры, реализации методов, аналитические возможности и области применения. Модуль направлен на формирование у студентов научных взглядов и экспериментальных навыков в широкой области хроматографических методов анализа, используемых для вещественного и элементного анализа природных и технических органических и неорганических веществ. Модуль включает дисциплину: "Хроматографические методы анализа".

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Хроматографические методы анализа	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Физико-химические методы анализа 2. Анализ природных и технических объектов

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Хроматографические методы анализа	ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и	З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и общинженерных наук З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и

<p>комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>общеинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общеинженерных наук</p>
<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p>
<p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов</p> <p>Д-1 - Проявлять умение видеть детали, упорство, аналитические умения</p>
<p>ОПК-5 - Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей</p>	<p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и типовой порядок планирования, организации и контроля выполнения работ по созданию, установке и модернизации</p>

	<p>профессиональной деятельности</p>	<p>технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-4 - Показать возможности использования цифровых технологий (создание цифровых двойников) для оптимизации работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-2 - Анализировать задания, распределять и объяснять их работникам коллектива при выполнении работ по созданию, установке и модернизации оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем на соответствие регламентам</p> <p>У-4 - Использовать при необходимости техники цифрового моделирования при выполнении работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и</p>
--	--------------------------------------	--

		<p>информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p> <p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>Д-1 - Демонстрировать требовательность и принципиальность в процессе контроля выполнения заданий</p>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>З-3 - Объяснить принципы энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>У-3 - Обоснованно корректировать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов, добиваясь повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в</p>

		<p>сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p>
	<p>ПК-4 - Способен организовать и осуществить работы по непрерывному совершенствованию производственной деятельности</p>	<p>З-1 - Привести примеры методик проведения физико-химического анализа</p> <p>У-1 - Осуществлять подбор эффективных методик и методов анализа растворов, материалов и образцов изделий</p> <p>П-1 - Разрабатывать предложения по совершенствованию процессов анализа материалов и растворов</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Хроматографические методы анализа

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Данилов Данил Анатольевич	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	физико- химических методов анализа

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 3 от 12.11.2020 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Данилов Данил Анатольевич, Доцент, физико-химических методов анализа

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Хроматография - универсальный аналитический метод Понятие о хроматографическом процессе. Хроматография как гибридный метод анализа.
P2	Общие вопросы теории хроматографических методов	Классификация и область применения различных вариантов хроматографии. Способы осуществления хроматографического процесса. Коэффициент распределения. Изотермы сорбции. Связь вида изотермы сорбции и формы хроматографического пика. Хроматографические параметры. Уравнения, отражающие закономерности хроматографического удерживания. Основное уравнение хроматографии. Теории хроматографического разделения. Тарелочная теория хроматографии и ее значение для выбора оптимальных размеров хроматографической колонки. Кинетическая теория хроматографии. Основные факторы, обуславливающие размытие хромато-графических зон. Уравнение Ван-Деемтера с приведенными параметрами. Селективность и разрешение. Влияние селективности выбранной системы фаз и эффективности хроматографического процесса на степень хроматографического разделения.
P3	Газовая хроматография	Общая характеристика газовой хроматографии, как метода разделения и определения летучих соединений.

Р3.Т1	Аппаратурное оформление метода газовой хроматографии	Основные узлы и принципиальная схема газового хроматографа. Требования, предъявляемые к газу носителю. Дозирующие устройства в газовой хроматографии. Типы хроматографических колонок. Основные характеристики хроматографических детекторов. Поточные и концентрационные, селективные и универсальные детекторы. Принцип действия и характеристики основных газохроматографических детекторов: детектор по теплопроводности, детектор по плотности, пламенно-ионизационный детектор, детектор электронного захвата, термоионный детектор.
Р3.Т2	Газоадсорбционная хроматография	Сущность метода и механизмы разделения. Требования, предъявляемые к адсорбентам. Свойства и область применения наиболее распространенных адсорбентов. Модифицирование адсорбентов. Область применения.
Р3.Т3	Газо-жидкостная хроматография	Принцип метода и механизмы разделения. Взаимосвязь между свойствами молекул разделяемых веществ и параметрами удерживания на фазах различной полярности на основе теории межмолекулярных взаимодействий. Требования к носителям неподвижной жидкой фазы. Модифицирование носителей. Критерии выбора неподвижной жидкой фазы. Область применения метода.
Р3.Т4	Качественный анализ	Основные методы идентификации, используемые в хроматографических методах анализа. Идентификация на основе параметров хроматографического удерживания. Относительные параметры удерживания, логарифмические и линейные индексы удерживания. Идентификация на основе корреляционных зависимостей удерживания. Ограничения идентификации на основе хроматографических параметров. Реакционная газовая хроматография. Селективные методы детектирования. Сочетание хроматографии с другими методами для целей идентификации.
Р3.Т5	Количественный анализ	Выбор и расчет параметра хроматографического пика определяемого компонента. Методы обхода не полностью разделенных пиков. Выбор метода расчета результатов хроматографического анализа. Метод градуировочного графика, метод нормировки, метод внутреннего стандарта.
Р3.Т6	Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография	Особенности метода и его применение.
Р3.Т7	Хромато-масс-спектрометрия	Комбинация двух самостоятельных методов – хроматографии и масс-спектрометрии. Требования, предъявляемые к масс-спектрометру, как к детектору в методе газовой хроматографии. Особенности метода. Достоинства метода. Область применения.

P3.T8	Сверхкритическая флюидная хроматография	Особенности метода и его применение
P4	Жидкостная хроматография	Многообразие видов межмолекулярных взаимодействий в жидкостной хроматографии. Роль подвижной фазы в жидкостной хроматографии. Классическая и высокоэффективная жидкостная хроматография.
P4.T1	Адсорбционная хроматография	Жидкостно-адсорбционная хроматография и ее нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Полярные и неполярные адсорбенты, их свойства. Щеточные сорбенты. Поверхностно-пористые сорбенты. Общие требования, предъявляемые к подвижным фазам. Элюотропные ряды. Выбор состава подвижной фазы. Методы ступенчатого и градиентного элюирования.
P4.T2	Распределительная хроматография	Жидкостно-жидкостная хроматография, нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Требования к носителям неподвижной жидкой фазы в нормально-фазовом и обращенно-фазовом вариантах. Особенности экстракционной хроматографии. Область применения распределительной хроматографии, недостатки и достоинства.
P4.T3	Ионно-обменная хроматография	Принцип метода. Механизм ионного обмена. Ионнообменное равновесие. Классификация и важнейшие характеристики ионитов. Селективность ионитов. Закономерности удерживания в ионообменной хроматографии. Влияние природы и состава элюента на селективность разделения веществ. Области применения.
P4.T4	Ионная хроматография	Ионная хроматография - современный гибридный метод анализа. Достоинства и недостатки одноколоночного и двухколоночного вариантов ионной хроматографии. Детекторы. Области применения.
P4.T5	Ион-парная хроматография	Принцип метода. Роль неподвижной фазы и вводимого в элюент противоиона. Механизмы удерживания.
P4.T6	Эксклюзионная хроматография	Закономерности удерживания и типы применяемых сорбентов в эксклюзионной хроматографии. Гель-хроматография. Требования, предъявляемые к гелям. Наиболее распространенные сорбенты и их свойства. Параметры элюирования. Особенности метода. Области применения.
P4.T7	Аффинная хроматография	Специфика метода. Требования, предъявляемые к носителю. Аффинные лиганды. Область применения.
P4.T8	Высокоэффективная жидкостная хроматография	Достоинства метода. Механизмы разделения. Принципиальная схема высокоэффективного жидкостного хроматографа.
P4.T9	Детекторы в жидкостной хроматографии	Принцип действия и характеристики основных жидкостно-хроматографических детекторов. Оптические детекторы: в УФ, видимой и ИК области спектра. Рефрактометрические детекторы, принципы измерения сигнала. Флуориметрические детекторы. Электрохимические детекторы. Использование масс-

		спектрометра в качестве детектора, достоинства метода. Детекторы радиоактивности. Детекторы светового рассеяния.
P5	Плоскостная хроматография	Особенности методов плоскостной хроматографии. Плоскостная хроматография, как метод жидкостной хроматографии. Классификация методов плоскостной хроматографии.
P5.T1	Бумажная хроматография	Общая характеристика метода. Требования, предъявляемые к хроматографической бумаге в нормально-фазовом и обращенно-фазовом вариантах. Неподвижные фазы. Выбор подвижной фазы. Миксотропные ряды растворителей. Хроматографические параметры. Влияние различных факторов на разделение компонентов. Типы хроматограмм: восходящие и нисходящие, круговые, электрофоретические, одномерные, двумерные. Методы качественного и количественного анализа. Возможности метода бумажной хроматографии.
P5.T2	Тонкослойная хроматография	Особенности метода тонкослойной хроматографии. Высокоэффективная тонкослойная хроматография. Параметры тонкослойной хроматографии. Основные механизмы разделения в тонкослойной хроматографии и выбор элюента. Адсорбционная тонкослойная хроматография. Распределительная тонкослойная хроматография, нормальная и обращено-фазовая. Выбор растворителя и способы нанесения пробы. Способы проведения тонкослойной хроматографии: линейная, круговая, антикруговая. Проточная тонкослойная хроматография. Многократная тонкослойная хроматография. Двумерная тонкослойная хроматография. Градиентная тонкослойная хроматография. Тонкослойная хроматография с принудительным движением элюента. Визуализация хроматограмм. Идентификация веществ. Методы количественного анализа.
P6	Капиллярный электрофорез	Схема установки для капиллярного электрофореза. Поверхность раздела кварц – водный раствор электролита. Формирование двойного электрического слоя. Процессы, протекающие в кварцевом капилляре при наложении внешнего электрического поля. Влияние состава пробы на эффективность разделения. Детектирование. Системы ввода пробы. Определение катионов. Определение анионов.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Хроматографические методы анализа

Электронные ресурсы (издания)

1. Бёккер, Ю.; Хроматография. Инструментальная аналитика. Методы хроматографии и капиллярного электрофореза : монография.; Техносфера, Москва; 2009; <http://www.iprbookshop.ru/12749.html> (Электронное издание)
2. Лебедев, А. Т.; Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды; Техносфера, Москва; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/31868.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Беккер, Ю., Курова, В. С., Курганов, А. А.; Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза; Техносфера, Москва; 2009 (5 экз.)
2. Коган, Л. А.; Количественная газовая хроматография; Химия, Москва; 1975 (5 экз.)
3. ; Аналитическая хроматография; Химия, Москва; 1993 (2 экз.)
4. ; Аналитическая химия. Химические методы анализа : учеб. пособие для хим.- технол. специальностей.; Химия, Москва; 1993 (7 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

Научная электронная библиотека Elibrary.ru <https://www.elibrary.ru/>

Электронная библиотечная сеть "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>)

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>)

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>)

Поисковая система <http://www.yandex.ru>

Поисковая система <http://www.google.com>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Хроматографические методы анализа

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES