

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

И.о. декана

А. С. Князев

Рабочая программа дисциплины

Хроматографический анализ

по направлению подготовки

04.03.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки:
Аналитическая химия (Analytical chemistry)

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Ю.Г. Слизов

Председатель УМК

В.В. Шелковников

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием..

ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники..

ОПК-4 Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач..

ОПК-6 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе..

ПК-1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации..

ПК-2 Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы..

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.

ИОПК 2.2 Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик.

ИОПК 2.4 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.

ИОПК 3.2 Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности.

ИОПК 4.2 Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик.

ИОПК 4.3 Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений.

ИОПК 6.1 Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке.

ИОПК 6.2 Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры.

ИПК 1.1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР.

ИПК 1.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР.

ИПК 1.3 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.

ИПК 1.4 Готовит объекты исследования.

ИПК 2.2 Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.

2. Задачи освоения дисциплины

- Получить базовые знания по важнейшим приемам газохроматографического анализа соединений, составу и назначению элементов оборудования;
- Освоить технику газовой хроматографии;

– Научиться воспроизводить и творчески модифицировать известные методики и подходы для достижения целей анализа сложных смесей, упрощения, ускорения и удешевления процедуры ГХ-анализа.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Пятый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Аналитическая химия», «Органическая химия», где обучающиеся приобретают необходимые профессиональные компетенции по атомно-молекулярной теории строения соединений, образования химических связей, а также принципам и методам аналитической химии.

6. Язык реализации

Английский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 з.е., 288 часов, из которых:

-лекции: 42 ч.

-лабораторные: 64 ч.

-практические занятия: 12 ч.

в том числе практическая подготовка: 76 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Сущность газовой хроматографии, области её применения и аппаратное оформление

История возникновения хроматографии. Сущность хроматографии. Основные виды хроматографии и области ее применения. Сведения об аппаратуре. Физико-химические основы детектирования, детекторы и их характеристики. Основные характеристики удерживания.

Тема 2. Теоретические основы газовой хроматографии

Теория равновесной газовой хроматографии, уравнение материального баланса. Теория неравновесной газовой хроматографии. Причины размыwania хроматографических полос. Теория тарелок Мартина. Теория критерия разделения Жуховицкого и Туркельтауба. Высота, эквивалентная теоретической тарелке. Способы определения числа теоретических тарелок.

Теория эффективной диффузии. Эффективный коэффициент диффузии. Уравнение Ван-Деемтера и его анализ. Факторы, влияющие на эффективность хроматографической колонки.

Применение газовой хроматографии при изучении механизмов химических реакций в органической химии. Определение кинетических и термодинамических параметров.

Газовая хроматография с программированием температуры и расхода газа-носителя.

Препаративная газовая хроматография. Устройство и принципы работы препаративного хроматографа. Применение препаративной хроматографии в органической и фармацевтической химии.

Тема 3. Газо-адсорбционная и газожидкостная хроматография

Сущность и особенности процессов распределения в газо-адсорбционной хроматографии. Адсорбенты, используемые в газо-адсорбционной хроматографии. Особенности физико-химических процессов в газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ). Носители в ГЖХ, их классификация, характеристики, способы модифицирования. Неподвижная жидкая фаза (НФ). Требования к НФ. Способы нанесения НФ на носитель, приготовление колонок. Полярность и селективность фазы. Характеристики наиболее распространенных НФ и области их применения.

Тема 4. Качественный и количественный газохроматографический анализ

Качественный газохроматографический анализ. Эталоны. Графические зависимости при идентификации. Система индексов удерживания Ковача, относительные параметры удерживания. Метод селективного вычитания и сдвига.

Количественный газохроматографический анализ. Метод абсолютной калибровки, метод простой нормировки, внутренняя нормировка с калибровочными коэффициентами (их физический смысл). Метод контролируемой внутренней нормализации. Метод внутреннего стандарта, метод стандартной добавки. Источники ошибок в хроматографическом анализе.

Тема 5. Капиллярная хроматография. Комбинированные физико-химические методы

Капиллярная хроматография. Уравнение Голя и его анализ. Капиллярные колонки, способы их приготовления. Капиллярные колонки со сшитыми и привитыми формами. Капиллярные колонки с толстым слоем НЖФ, поликапиллярные колонки. Пиролитическая газовая хроматография с использованием капиллярных колонок. Области применения капиллярной хроматографии.

Сочетание газовой хроматографии с ИК-спектроскопией и масс-спектрометрией.

Основы масс-спектрометрии. Способы ионизации молекул. Устройство масс-спектрометра. Основные закономерности фрагментации органических соединений. Хромато-масс-спектрометрия и её применение для анализа сложных смесей органических соединений, растительного и природного сырья.

Тема 6. Методы концентрирования в газовой хроматографии. Газохроматографический анализ объектов химической экспертизы

Сорбционное концентрирование, твердофазная экстракция, современные варианты ускоренной жидкостной экстракции. Анализ равновесной паровой фазы, динамическая газовая экстракция. Применение газовой хроматографии для определения различных типов взрывчатых и отравляющих веществ, супертоксикантов. Газохроматографическое определение качества нефтепродуктов, пищевой и алкогольной продукции, природных и синтетических наркотических веществ и др

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, тестов по лекционному материалу, составления отчетов по лабораторным работам и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в пятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух вопросов, содержание которых позволяет

установить уровень освоения ИОПК 2.1, ИОПК 2.2, ИОПК 2.4, ИОПК 3.2, ИОПК 4.2, ИОПК 4.3, ИОПК 6.1, ИОПК 6.2, ПК 1.1., ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 2.2. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в среде электронного обучения iDO - <https://lms.tsu.ru/enrol/index.php?id=34008>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) Методические указания по проведению лабораторных работ.
- г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
 - Конюхов В. Ю. Хроматография: учебник / В. Ю. Конюхов. – Санкт-Петербург [и др.]. – Лань, 2012. – 222 с. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4044
 - Хайвер К. и др. Высокоэффективная газовая хроматография // Пер. с англ./ К. Хайвер [и др.]. – 1993. 134 с. – URL: <http://www.anchem.ru/chromos/vegh.pdf>
 - Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа: [учебное пособие для студентов учреждений высшего образования Беларуси по фармацевтическим и химическим специальностям] / А. И. Жебентяев [и др.]. – Минск Новое знание. – 360 с. – (Электронно-библиотечная система "Znaniium.com").
 - Столяров Б. В., Савинов И. М., Витенберг А. Г. Руководство к практическим работам по газовой хроматографии. – Л. : Химия, 1988. – 336 с.
 - Король А. Н. Неподвижные фазы в газожидкостной хроматографии. – М.: Химия, 1985. – 240 с.
 - Тесаржик К., Комарек К. Капиллярные колонки в газовой хроматографии. – М.: Мир, 1987. – 222 с.
- б) дополнительная литература:
 - Царев Н. И. Практическая газожидкостная хроматография: Учебное пособие / Н. И. Царев, В. И. Царев, И. Б. Катраков; Алтайский гос. ун-т. – Барнаул: Издательство Алтайского государственного университета, 2000. – 163с. – URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000115901/000115901.pdf>
 - Гольберт К.А., Вигдергауз М.С. Введение в газовую хроматографию. – М.: Химия, 1990 – 352 с.
 - Яшин Я. И., Яшин Е. Я., Яшин А. Я. Газовая хроматография. – М.: ТрансЛит – 2009. – 528 с.
 - Киселев А. В. Межмолекулярные взаимодействия в адсорбции и хроматографии. – М. : Высшая школа, 1986. – 360 с.
 - Другов Ю. С., Зенкевич И. Г., Родин А. А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред. – М.: БИНОМС, 2005. – 752 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- Химический портал. Хроматография – <http://orgchemlab.com/chromatography.html>
- Российский химико-аналитический портал – <http://www.anchem.ru/>
- Статистика в аналитической химии – <http://chemstat.com.ru/>

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:
- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
 - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>
- в) профессиональные базы данных (*при наличии*):
- База данных NIST – <https://webbook.nist.gov/chemistry/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Специализированные хроматографические лаборатории, оснащенные газовыми хроматографами «Хром-5», «МАЭСТРО 7820», «Agilent 6890N» с приставкой для парового анализа «7694E Headspace Sampler», ГХ/МС системой «Agilent 7890/5975C GC/MS».

Лаборатория физических методов исследования (аудитория 103 6-го учебного корпуса ТГУ).

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Слизов Юрий Геннадьевич, канд. хим. наук, доцент, кафедра органической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, зав. кафедрой.

Хасанов Виктор Вазикович, канд. хим. наук, доцент кафедры органической химии химического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета.

Бугаева Александра Игоревна, канд. хим. наук, доцент кафедры органической химии химического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета