

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

Химический факультет



УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. декана химического факультета  
А.С. Князев

« 26 » августа 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Методы приготовления и исследования катализаторов**

по направлению подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки:

**«Химия»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**


Год приема

**2022**

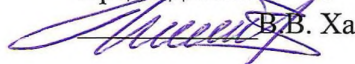
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.02.05.03

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 В.В. Шелковников

Председатель УМК

 В.В. Хасанов

Томск – 2022

## **Модуль I. Научные основы приготовления катализаторов**

### **1. Цель и планируемые результаты освоения модуля**

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов комплексного подхода к рассмотрению задач и проблем, связанных с созданием новых и усовершенствованием существующих гетерогенных катализаторов, получение студентами знаний о современных теоретических и экспериментальных подходах к целенаправленному синтезу катализаторов с заданным набором свойств и характеристик, а также формирование следующих компетенций:

– ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.

– 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.

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

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ИОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

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-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.

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

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

### **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить понятийный аппарат и знать основные традиционные методы получения катализаторов, а также фундаментальные законы и механизмы, положенные в основу синтеза дисперсных пористых тел заданного химического и фазового состава, получаемых различными методами; владеть теоретическими подходами в области традиционных и современных способов синтеза катализаторов и других дисперсных твердых тел с заданными текстурными характеристиками, химическим и фазовым составом, определяющими функциональные свойства получаемых материалов.

– Научиться самостоятельно ставить задачи синтеза, решаемые посредством выбора природы, химического состава, способа и условий приготовления требуемого материала, выбирать оптимальные пути и методы решения подобных задач как экспериментальных, так и теоретических.

### **3. Место модуля в структуре образовательной программы**

Модуль является частью дисциплины «Методы приготовления и исследования катализаторов». Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Модуль является обязательным для изучения по профилю подготовки. Полученные студентами знания необходимы им в научно-исследовательской работе при выполнении курсовых, бакалаврских, дипломных работ и магистерских диссертаций.

### **4. Семестр освоения и форма промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 8, зачет с оценкой.

### **5. Входные требования для освоения модуля**

Для успешного освоения модуля требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: обязательной части профессионального цикла Б1.О.14 Неорганическая химия, Б1.О.15 Аналитическая химия, Б1.О.16 Органическая химия, Б1.О.17 Физическая химия, Б1.О.19 Коллоидная химия, а также вариативной части профессионального цикла Б1.В.ДВ.02.05.01 Адсорбционные процессы, Б1.В.ДВ.02.05.02 Гетерогенный катализ учебного плана по программе бакалавриата 04.03.01 – Химия.

### **6. Язык реализации**

Русский

### **7. Объем модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2,7 з.е., 96 часов, из которых:

- лекции: 32 ч.;
- семинарские занятия: 0 ч.
- практические занятия: 24 ч.;
- лабораторные работы: 0 ч.

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

### **8. Содержание модуля, структурированное по темам**

Тема 1. Цели и задачи научных основ приготовления катализаторов

История развития научных основ приготовления. Положения Г.К. Борескова о химической природе катализа. Основные проблемы катализа. Классификация катализаторов. Основные промышленные катализаторы. Современное определение дисциплины. Связь курса с другими дисциплинами.

Тема 2. Основные характеристики катализаторов и их зависимость от условий приготовления

Основные характеристики катализаторов и их зависимость от условий приготовления. Удельная каталитическая активность однофазных и многофазных катализаторов. Селективность. Текстуальные характеристики катализаторов. Оптимальная пористая структура. Основные механизмы изменения удельной поверхности и пористости. Механическая прочность катализаторов. Термическая стабильность. Текстуальные и структурные промоторы. Оптимальные гидродинамические характеристики катализаторов.

Тема 3. Основные этапы и методы приготовления катализаторов

Основные этапы и методы приготовления катализаторов. Выбор и подготовка исходных веществ. Получение активного компонента с заданным составом и свойствами различными методами. Переработка катализатора в товарный продукт. Подходы к

получению дисперсных систем. Диспергирование. Конденсация. Классификация методов приготовления.

Тема 4. Подготовка и синтез исходных веществ для приготовления катализаторов. Носители

Подготовка и синтез исходных веществ для приготовления катализаторов. Требования к исходному сырью. Растворы. Состояние ионов в растворах и его влияние на свойства катализаторов. Золи как исходные вещества для синтеза различных катализаторов и носителей. Свойства и факторы, определяющие стабильность золь-гелей оксидов и гидроксидов. Методы получения золь-гелей гидроксидов и оксидов. Применение и получение золь-гелей металлов.

Носители. Роль носителей в катализаторах. Физико-химические свойства основных синтетических и природных носителей. Оксид кремния (силикагель). Оксиды алюминия. Диоксид титана. Оксид магния. Диоксид циркония. Многокомпонентные носители. Блочные носители сотовой структуры. Углеродные носители: активные угли, Сибунит, углерод-минеральные носители, каталитический волокнистый (нитевидный) углерод.

Тема 5. Получение катализаторов методами осаждения

Технологические аспекты метода. Основные стадии метода осаждения. Основные параметры и факторы осаждения. Осаждение в периодическом и непрерывном режимах. Механизмы формирования гидроксидов. Стадийная схема коллоидно-химического осаждения. Физико-химические аспекты золь-гель метода осаждения. Старение осадков под маточным раствором. Классификация осадков по способности к кристаллизации при старении. Основы классической теории кристаллизации. Уравнение Гиббса-Томпсона-Оствальда. Формирование аморфных и труднокристаллизующих гидроксидов. Особенности формирования текстуры силикагеля при получении по золь-гель технологии и через каогель. Закономерности формирования фазового состава и текстуры гидратированных оксидов IV группы. Формирование легкокристаллизующихся гидроксидов. Теория кристаллизации малорастворимых гидроксидов по механизму ориентированного наращивания. Основные положения теории. Практическое применение теории на примере гидроксидов Al(III), Fe(III), Cr(III). Получение многокомпонентных катализаторов методом соосаждения. Классификация уровней взаимодействия гидроксидов при соосаждении. Особенности старения бинарных осадков. Особенности золь-гель химии при синтезе бинарных систем.

Тема 6. Термическая обработка катализаторов

Термическая обработка катализаторов. Закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении солей и гидроксидов. Спекание пористых тел. Полиморфные превращения. Твердофазные реакции. Механизмы твердофазного взаимодействия оксидов. Факторы, определяющие глубину твердофазного взаимодействия. Влияние глубины взаимодействия компонентов на стадиях синтеза предшественников на направление и последовательность твердофазных превращений при прокаливании. Восстановление катализаторов.

Тема 7. Получение катализаторов методом механического смешения

Получение катализаторов методом механического смешения. Основные технологические стадии метода. Факторы, влияющие на глубину взаимодействия компонентов в катализаторах, полученных методом смешения. Способы интенсификации процессов взаимодействия компонентов при смешении. Смешение в присутствии жидкой фазы. Использование метода механохимической активации для приготовления многокомпонентных катализаторов и носителей.

Тема 8. Физико-химические основы приготовления катализаторов методом нанесения

Основные технологические стадии. Способы нанесения веществ из растворов и газовой фазы. Диффузионная и капиллярная пропитка. Общие представления о процессах, протекающих при формировании нанесенных катализаторов. Пропиточные и

сорбционные катализаторы. Уравнение материального баланса процесса адсорбционной пропитки. Особенности формирования пропиточных катализаторов. Однократная и многократная пропитка. Механизмы закрепления предшественников активного компонента на поверхности носителей. Химия поверхности оксидных и углеродных носителей. Механизмы катионного и анионного обмена, лигандного замещения и обмена. Основные положения теории электростатической адсорбции ионов из водных растворов. Распределение активного компонента в нанесенных катализаторах. Типы распределения. Физико-химические подходы к регулированию распределения активного компонента в катализаторах сорбционного типа.

Особенности физико-химических процессов, протекающих в процессе термообработки нанесенных катализаторов. Факторы, определяющие дисперсное состояние нанесенных компонентов. Механизмы спекания нанесенных дисперсных частиц.

Приготовление нанесенных многокомпонентных катализаторов. Процессы, протекающие при совместном и последовательном нанесении компонентов. Синтез через биядерные гетероатомные комплексы. Природа активных компонентов в нанесенных биметаллических катализаторах. Факторы, определяющие процессы формирования нанесенных сплавов.

## 9. Текущий контроль по модулю

Учебный процесс по модулю «Научные основы приготовления катализаторов» основан на рейтинговой системе как одной из эффективных форм реализации механизмов обеспечения объективности в оценке результатов обучения.

Текущий контроль по модулю «Научные основы приготовления катализаторов» проводится путем контроля посещаемости занятий, проведения проверочных работ по лекционному материалу и материалу практических занятий, выполнения индивидуальных заданий, работы на практических занятиях и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

По всем показателям текущего контроля осуществляется оценивание в баллах. Формы текущего контроля и их количество может изменяться при реализации курса, но их вес в итоговой оценке по модулю составляет не менее 80%.

Пример оценивания результатов обучения:

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Посещение занятий	28
Работа на практических занятиях	80
Проверочные работы	100
Индивидуальные задания	180
Научный доклад	50
Суммарный рейтинг курса	438

По темам разделов 4–8 программой модуля предусмотрено выполнение индивидуальных заданий – решение задач по темам, рассматриваемым на практических занятиях.

Тестирование и проверочные работы используется как средства промежуточного контроля остаточных знаний и умений студентов после завершения изучения материала тематического раздела (или разделов) на лекциях и семинарах. Всего в программе дисциплины «Научные основы приготовления катализаторов» предусмотрено 1 тестирование (после изучения разделов 1–4) и 2 работы на решение задач (после изучения разделов 5–6 и 7–8).

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Для промежуточной аттестации программой дисциплины предусмотрен зачёт с оценкой. Оценка за зачет по дисциплине «Методы приготовления и исследования катализаторов» определяется с учетом промежуточной аттестации и текущего контроля по всем модулям дисциплины.

Для допуска к промежуточной аттестации по модулю «Научные основы приготовления катализаторов» студенту необходимо получить оценку текущего контроля знаний и набрать не менее 50% баллов от текущего контроля при обязательном выполнении основных заданий. Аттестация проходит в форме защиты научного доклада (реферата) по физико-химическим основам приготовления конкретного объекта (катализатора, носителя, твёрдого материала). Защита проходит в форме конференции.

Итоговая оценка по модулю определяется по сумме баллов текущего контроля знаний и зачета. Соответствие баллов оценке:

- >80% от суммарного рейтинга курса – «отлично»;
- 66–80% от суммарного рейтинга курса – «хорошо»;
- 57–65% от суммарного рейтинга курса – «удовлетворительно»;
- <57% от суммарного рейтинга курса – «неудовлетворительно».

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=23454>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Пахомов Н. А. Научные основы приготовления катализаторов / Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 2010. – 281 с.

– Фенелонов В. Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 413 с.

– Фенелонов В. Б., Мельгунов М. С. Адсорбционно-капиллярные явления и пористая структура катализаторов и адсорбентов: Сборник задач и вопросов с ответами и решениями. – НГУ. Новосибирск, 2010. – 190 с.

– Мухленов И. П. Технология катализаторов. – Л. : Химия, 1979. – 324 с.

б) дополнительная литература:

– Пахомов Н. А. Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2011. – 262 с.

– Боресков Г. К. Гетерогенный катализ. – М. : Наука, 1986. – 304 с.

– Карнаухов А. П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов. – Новосибирск : Наука, 1999. – 470 с.

– Пахомов Н.А., Буянов Р.А. Современные тенденции в области развития традиционных и создания новых методов приготовления катализаторов // Кинетика и катализ. – 2005. – Т.46. – № 5. – с. 711-727.

– Болдырев В.В. Механохимия и механическая активация твердых веществ // Успехи химии. – 2005. – Т. 75. – № 3. – с. 204-216.

– Buyanov R. A., Krivoruchko O. P. // React. Kinet. Cat. Lett. – 1987. – V.35. – N 1-2. – P. 293-302.

– Synthesis of Solid Catalysts / Ed. K.P. de Jong, Wiley-VCH Verlag GMBH & Co. KGaA, 2009. – 402 p.

в) ресурсы сети Интернет:

– База данных цитирования издательства Elsevier. Библиографическая информация, информация о цитировании, ссылки на полные тексты. – <https://www.scopus.com>

– Информационно-аналитическая платформа компании Clarivate Analytics – <https://www.webofscience.com>

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.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 Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **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.

### **15. Информация о разработчиках**

Харламова Тамара Сергеевна, канд. хим. наук, кафедра физической и коллоидной химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.

## **Модуль II. Хроматография**

### **1. Цель и планируемые результаты освоения модуля**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.

– 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.

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

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ИОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

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-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.

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

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

### **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить начальные общепрофессиональные компетенции в области особенностей хроматографического анализа веществ и соединений, ознакомление физико-химическими характеристиками хроматографии, а также особенностями и закономерностями хроматографического разделения веществ и соединений;

– Научится планировать и проводить хроматографический анализ газообразных и жидких объектов;

– Получить базовые знания и навыки использования фундаментальных химических понятий при решении теоретических и экспериментальных задач по хроматографии.

### **3. Место модуля в структуре образовательной программы**

Модуль является частью дисциплины «Методы приготовления и исследования катализаторов». Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Модуль является обязательным для изучения по профилю подготовки. Полученные студентами знания необходимы им в научно-исследовательской работе при выполнении курсовых, бакалаврских, дипломных работ и магистерских диссертаций.



#### **4. Семестр освоения и форма промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 8, зачет с оценкой.

#### **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины модуля «Хроматография» требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Б1.О.15 Аналитическая химия, Б1.О.16 Органическая химия, Б1.О.17 Физическая химия и Б1.О.12 Структура вещества.

#### **6. Язык реализации**

Русский

#### **7. Объем модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1,3 з.е., 48 часов, из которых:

- лекции: 12 ч.;
- семинарские занятия: 0 ч.
- практические занятия: 0 ч.;
- лабораторные работы: 12 ч.  
в том числе практическая подготовка: 12 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

#### **8. Содержание модуля, структурированное по темам**

Тема 1. Физико-химические основы хроматографического процесса. Терминология и классификация в хроматографии. Классификация по методам, классификация по механизму. Классификация по формам осуществления. Лабораторная работа «Подбор режимов работы хроматографа и условий программирования».

Тема 2. Теория газожидкостной хроматографии. Теория хроматографического разделения газо-адсорбционным методом. Подвижная фаза. Твердые носители. Хроматограф. Принципиальная схема современного хроматографа. Качественный анализ. Количественный анализ. Лабораторная работа «Калибровка газового хроматографа»

Тема 3. Обзор методов жидкостной хроматографии. Классификация методов жидкостной хроматографии. Варианты жидкостной хроматографии по механизму удерживания. Детекторы. Лабораторные работы «Анализ смеси основных газов (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>)» и «Анализ смеси горючих газов»

Тема 4. Области применения хроматографического анализа. Определение молекулярной массы соединения. Определение изотермы адсорбции. Определение изостерической теплоты адсорбции. Определение удельной поверхности. Определение каталитической активности с помощью газохроматографического метода. Изучение неизотермической кинетики с помощью термодесорбции. Лабораторная работа «Анализ бензина с расчетом октанового числа. Вариации анализа».

#### **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости лабораторных работ и лекций и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

#### **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет с оценкой в восьмом семестре проводится в виде тестирования в системе MOODLE, проверяющие компетенции ОПК-1, ОПК-2 и ПК-1.

Перечень вопросов тестирования

1. Что называется временем удерживания компонента в газовой хроматографии?
  - время нахождения компонента в испарителе хроматографа
  - время нахождения компонента в подвижной фазе колонки
  - время нахождения компонента в неподвижной фазе колонки
  - время от момента ввода пробы, до появления максимума на хроматограмме
2. С какой целью в газовой хроматографии используют время удерживания вещества?
  - для качественной идентификации
  - для характеристики газа-носителя
  - для количественного определения
  - для оценки параметров колонки
3. С помощью какой характеристики проводят качественную идентификацию веществ в газовой хроматографии?
  - по площади хроматографического пика
  - по времени удерживания анализируемого компонента
  - по времени нахождения компонента в испарителе хроматографа
  - по времени пребывания анализируемого компонента в подвижной фазе
4. От чего в первую очередь зависит высота хроматографического пика на хроматограмме при неизменном режиме работы хроматографа?
  - от наличия посторонних компонентов в пробе
  - от концентрации анализируемого вещества
  - от природы газа-носителя
  - от природы сорбента-поглотителя
5. Каким параметром характеризуется количественное содержание компонента в анализируемой смеси?
  - площадью пика на хроматограмме
  - шириной пика на хроматограмме
  - временем удержания компонента
  - изотермой адсорбции данного компонента
6. Что такое «мертвое» время в колоночной хроматографии?
  - время пребывания введенной пробы в испарителе хроматографа
  - фактическое время пребывания сорбирующегося компонента в подвижной фазе
  - инерционность системы хроматографа
  - время, в течение которого сорбируется элюент-носитель
  - время выхода компонента, не взаимодействующего с неподвижной фазой
7. Что характеризует коэффициент распределения  $D = C_{\text{неподв}} / C_{\text{подв}}$ ?
  - распределение веществ в хроматографируемой смеси
  - распределение веществ между неподвижной и подвижной фазами
  - распределение веществ в неподвижной фазе
  - распределение веществ в элюате
8. От чего не зависит время удерживания сорбирующегося компонента в газовой хроматографии?
  - от скорости газа-носителя
  - от природы газа-носителя
  - от природы сорбента-поглотителя
  - от концентрации компонента
  - от режима работы хроматографа
9. Обязательно ли строго соблюдать одни и те же объемы, вводимые в испаритель хроматографа, стандартных веществ и пробы при определении относительного содержания компонентов в смеси?
  - строго обязательно
  - желательно
  - Не обязательно

10. Какие задачи решают с помощью газовой хроматографии?
  - только качественную идентификацию веществ
  - только количественный анализ веществ
  - выполняют как качественные, так и количественные определения веществ
  - используют только для выделения чистых веществ
11. Когда в газовой хроматографии используют метод нормировки?
  - при качественной идентификации веществ
  - при выделении чистых веществ
  - при количественном определении относительного содержания веществ
  - при количественном определении абсолютного содержания веществ
12. Когда в газовой хроматографии применяют метод внешних стандартов?
  - при качественной идентификации веществ
  - при выделении чистых веществ
  - при количественном определении абсолютного содержания веществ
  - при количественном определении относительного содержания веществ
13. Что понимают под теоретической тарелкой в хроматографии?
  - виртуальную зону сорбента, где достигается квазиравновесие между сорбируемым компонентом и сорбентом
  - зону сорбента, где поглощается основное содержание сорбируемого вещества
  - зону сорбента, где поглощается только элюент
  - объем зоны сорбента, кратный всему объему сорбента в колонке
14. За счет чего происходит разделение смеси веществ на компоненты в газотвердотельной колоночной хроматографии?
  - за счет сил адсорбции
  - за счет образования осадков с различающимися произведениями растворимости
  - за счет образования ионных связей компонентов с неподвижной фазой
  - за счет разных коэффициентов диффузии компонентов на поверхности неподвижной фазы
15. Как изменятся параметры хроматографического пика, если увеличить температуру колонки газового хроматографа (при прочих постоянных условиях)?
  - время удержания уменьшится, площадь пика не изменится
  - время удержания не изменится, площадь пика уменьшится
  - время удержания увеличится, высота пика уменьшится
  - время удержания увеличится, высота пика не изменится
  - никак не изменятся
16. Как изменятся параметры хроматографического пика, если уменьшить количество анализируемого вещества, вводимое в хроматограф (при прочих постоянных условиях)?
  - время удержания уменьшится, площадь пика не изменится
  - время удержания не изменится, площадь пика уменьшится
  - время удержания увеличится, высота пика уменьшится
  - время удержания увеличится, высота пика не изменится
  - никак не изменятся
17. Как изменятся параметры хроматографического пика, если уменьшить скорость газа-носителя через колонку (при прочих постоянных условиях)?
  - время удержания уменьшится, площадь пика не изменится
  - время удержания не изменится, площадь пика уменьшится
  - время удержания увеличится, высота пика уменьшится
  - время удержания увеличится, высота пика не изменится
  - никак не изменятся
18. Необходимо проанализировать методом газовой хроматографии смесь веществ, существенно различающихся по времени удержания. Что можно сделать, чтобы

- ускорить выход компонентов с большим временем удержания?  
– постепенно увеличивать температуру хроматографирования  
– постепенно уменьшать температуру хроматографирования  
– у расход газа-носителя  
– ввести пробу большего объема  
– ввести пробу меньшего объема
19. Какова цель калибровки детектора хроматографа стандартами вещества известных концентраций?  
– построение калибровочного графика для целей количественного анализа  
– определение времен удерживания для целей качественного анализа  
– оценка возможности проведения качественного анализа  
– очистка колонки от присутствия посторонних компонентов  
– калибровка не нужна. Можно воспользоваться справочными данными.
20. Как провести качественный анализ смеси спиртов на газовом хроматографе?  
– получить хроматограмму смеси, по справочным данным определить качественный состав  
– получить хроматограммы смеси и стандартов спиртов. Сравнив времена удержания определить качественный состав  
– получить хроматограмму смеси, определить площадь каждого пика и методом нормировки определить состав  
–эта задача невыполнима на газовом хроматографе.

Результаты тестирования определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему по результатам тестирования 81-100%.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, набравшему по результатам тестирования 60-80%.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему по результатам тестирования 30-59%.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, набравшему по результатам тестирования менее 30%.

#### 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=23432>

б) Итоговое тестирование по модулю

#### 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Конюхов В. Ю. Хроматография / В. Ю. Конюхов – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 224 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/168444>.

URL: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/168444.jpg>

– Яшин Я. И., Яшин Е. Я., Яшин А. Я. Газовая хроматография. – М. : 2009. – 528 с.

– Беккер Ю. Хроматография. Инструментальная аналитика. Методы хроматографии и капиллярного электрофореза. – М. : Техносфера, 2009. – 472 с.

б) дополнительная литература:

– Practical Gas Chromatography electronic resource : A Comprehensive Reference / edited by Katja Dettmer-Wilde, Werner Engewald. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg : Imprint: Springer, 2014.

в) ресурсы сети Интернет:

- Библиотека ЗАО СКБ «Хроматэк» [Электронный ресурс]: интерактив. справочник – URL: <http://chromatec.ru/library/articles/>
- Хроматография [Электронный ресурс]: интерактив. справочник. – URL: <http://chromatography.narod.ru/links/index.html>

### 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 OneNote, 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 Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
  - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
  - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
  - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации.

Аудитории для проведения 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.

- лаборатория (№ 110, 6-го учебного корпуса ТГУ)
- Программно – аппаратный комплекс на базе хроматографа «Хроматэк – Кристалл – 5000.1»
- Программно – аппаратный комплекс на базе хроматографа «Хроматэк – Кристалл – 5000.2»
- Программное обеспечение: «Хроматэк – Аналитик 2.5/3.5», «Хроматэк – Газолин», «Дистилляция», «Хроматэк Газ», обучающие программы СКБ Хроматэк
- ПЭВМ для работы с хроматографами: ноутбук ASUS X58Cseries, нетбук ACER ASPIRE D 255, адаптер беспроводной связи D – Link DWL – 2100AP для организации локальной сети, принтер Xerox Phaser 3125.

### 15. Информация о разработчиках

Сидорова Ольга Ивановна, канд. хим. наук, кафедра физической и коллоидной химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.