

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 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Избранные главы физической химии

специальности

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

специализация:

Фундаментальная и прикладная химия

Форма обучения

Очная

Квалификация

Химик. Преподаватель химии

Год приема

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.1.ДВ.01.05.06

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.В. Шелковников

Председатель УМК

В.В. Хасанов

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины «Избранные главы физической химии»

Дисциплина «Избранные главы физической химии» состоит из трёх модулей, посвященных поиску и анализу научной информации, ознакомлению студентов с прикладным катализом, изучению каталитических процессов для природоохранных технологий, ресурсосберегающей энергетики, процессов нефтехимической промышленности, а также основ технологий получения промышленных носителей и катализаторов нефтепереработки.

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

– ОПК-2. Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности.

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

– ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

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. Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности.

ИОПК-2.3. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.

ИОПК-4.1. Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ 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.

ИПК-1.1. Разрабатывает стратегию научных исследований, составляет общий план и детальные планы отдельных стадий.

ИПК-1.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.

2. Задачи освоения дисциплины

Задачи освоения модуля 1 «Основы научных исследований» является ознакомление студентов с современными подходами к организации и проведению научных исследований.

В рамках модуля 1 реализуются следующие задачи:

- научиться проводить поиск и анализ научной информации с использованием Интернет-ресурсов (ИОПК-1.2, ИОПК-1.3, ИПК-1.1);
- освоить основные аспекты создания научного отчета всех квалификационных уровней: курсовая работа – дипломная работа – научная статья – диссертация (ИОПК-1.2, ИПК-1.1);
- приобрести навыки работы с научной литературой, обработкой и представлением экспериментальных данных (ИОПК-1.2, ИПК-1.1).

Основная задача освоения модуля 2 «Сорбционные и каталитические процессы для ресурсосберегающих и экологических технологий» состоит в ознакомлении студентов с прикладным катализом, изучении каталитических процессов для природоохранных технологий, а также ресурсосберегающей энергетики. В соответствии с этим реализуются следующие задачи:

- ознакомиться с современным состоянием катализа в ресурсосберегающих и экологических технологиях;
- освоить приемы использования полученных знаний для оценки актуальности собственных исследований, проводимых в ходе подготовки дипломных работ (ИОПК-1.3);
- применять знания и навыки, полученные в рамках пройденных спецкурсов по адсорбционным процессам и гетерогенному катализу, для изучения каталитических процессов для природоохранных и ресурсосберегающих технологий; (ИОПК-2.2, ИОПК-2.3, ИОПК-4.1, ИОПК-4.2).

Основная задача освоения модуля 3 «Катализ в нефтехимии» состоит в изучении теоретических основ важнейших каталитических процессов нефтехимической промышленности, а также основ технологий получения промышленных носителей и катализаторов нефтепереработки. В соответствии с этим реализуются частные задачи:

- освоить теоретические знания о современных технологиях и общих принципах осуществления основных каталитических процессов переработки углеводородного сырья в нефтехимической промышленности (ИОПК-1.1);
- научиться анализировать и обосновывать условия проведения каталитических процессов в нефтехимической промышленности в соответствии с литературными данными и собственными расчетно-теоретическими работами (ИОПК-1.3);
- научиться применять теоретические знания технологических параметров реализации каталитических процессов в нефтехимическом синтезе при планировании и выполнении расчетно-теоретических работ химической направленности (ИОПК-4.1);
- владеть навыками анализа и отбора литературных данных, экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения при выполнении задач по подбору гомогенных и гетерогенных катализаторов для процессов переработки углеводородного сырья (ИОПК-1.3, ИПК-1.2).

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Физическая химия.

4. Семестр освоения и форма промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 9, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ по следующим дисциплинам: «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Адсорбционные процессы», «Гетерогенный катализ», «Методы приготовления и исследования катализаторов».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Избранные главы физической химии» составляет 6 з.е., 216 часов, из которых:

- лекции: 32 ч.;
 - семинарские занятия: 0 ч.
 - практические занятия: 32 ч.;
 - лабораторные работы: 32 ч.
- в том числе практическая подготовка: 64 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины «Избранные главы физической химии»

Содержание модуля 1 «Основы научных исследований», структурированное по темам (лекций 10 ч., практических занятий 10 ч., лабораторных работ 16 ч.)

Тема 1. Организация научно-исследовательской работы.

Научно-исследовательская работа студентов и ее роль в интегрированной системе Академическая наука/ВУЗ. Квалификационные уровни подготовки специалистов: бакалавр, магистрант, аспирант, кандидат наук. Научная стажировка и ее роль в подготовке специалистов высшей квалификации. Способы поддержки научно-исследовательской работы студентов: конкурсы, гранты, именные стипендии. Участие студентов университета в выполнении грантов, хоз. договорных работ, программ МО РФ. Организация и планирование времени. Самоменеджмент, его составляющие.

Тема 2. Выбор научного исследования и этапы НИР.

Сбор и анализ информации по теме НИР: Интернет-технологии (доступ к патентным базам данных, библиотека Elsevier, основные химические Интернет-ресурсы). Способы поиска информации: web поисковые системы, ключевые слова, предметный каталог НБ ТГУ. Основные химические российские и зарубежные периодические издания. Структура литературного обзора. Анализ литературных данных. Постановка цели и задач НИР. Оформление списка литературы. Теоретический анализ проблемы на основе термодинамических данных и строения физико-химической системы. Этапы научно-исследовательской работы. Разработка рабочей гипотезы, планирование эксперимента. Проведение исследования. Обработка и анализ полученных результатов. Планирование дальнейших исследований.

Тема 3. Экспериментальные исследования.

Стратегия и тактика экспериментальных исследований. Обоснование выбора методики проведения НИР. Комплексный подход к использованию современных физико-химических методов исследования. Обоснование выбора основных объектов исследования. Модельные эксперименты. Метрология. ГОСТ. Средства измерений, погрешности. Рабочее место и его организация. Обеспечение безопасности проведения экспериментальных исследований. Влияние психологических факторов на ход и качество эксперимента. Типичные ошибки начинающих экспериментаторов. Лабораторный журнал.

Тема 4. Обработка результатов экспериментальных исследований.

Основы теории случайных ошибок. Методы и способы проверки достоверности полученных данных. Использование пакетов Microsoft Excel, Origin, Corel Draw, PhotoShop, ACDSee, FineReader для проведения расчетов, обработки неотрецированной информации, построения графиков и диаграмм, преобразования форматов, внедрения полученных графических объектов в текстовые файлы.

Тема 5. Оформление результатов научной работы.

Структура отчета по курсовой работе. Введение (цель, задачи). Литературный обзор. Методическая часть. Результаты и обсуждение. Выводы. Доклад по научной работе. Тезисы доклада. Демонстрационные материалы. Изложение доклада. Дискуссия. Типы публикаций: краткое сообщение, научная статья, обзор. Структура научной статьи. Способы изложения материала. Представление экспериментальных данных: таблица, рисунок, схема. Подписи к рисункам.

Содержание модуля 2 «Сорбционные и каталитические процессы для ресурсосберегающих и экологических технологий», структурированное по темам (лекций 10 ч., практических занятий 10 ч., лабораторных работ 16 ч.)

Тема 1. Ресурсосберегающие технологии: цели, задачи, перспектива

Введение. Предмет и задачи модуля. Рассмотрение ресурсосберегающей технологии с позиции экономии всех видов ресурсов (материальных, топливно-энергетических, трудовых и финансовых) при снижении ресурсоемкости и отходности производственных процессов, а с другой – как средство экологизации промышленного производства, усиления его природоохранных функций. Основные понятия и статистика. Значение каталитических технологий для решения этих задач.

Тема 2. CO₂ утилизация.

Проблемы улавливания и утилизации CO₂ (CCU). Углеродный след. Стратегии по снижению выбросов и утилизации CO₂ как основного источника парникового газа. Использование CO₂ для экологически безопасных процессов, производства промышленно-важных химических веществ. Переработка CO₂ в сочетании с возобновляемыми источниками энергии.

Тема 3. Переработка биомассы.

Сырьевая база для энергетики и химической промышленности. Новые виды сырья для получения экологически чистого моторного топлива. Возобновляемое сырье. Переработка биомассы.

Тема 4. Водородная энергетика: что это такое и почему за ней будущее.

«Зеленый» и «голубой» водород. Методы промышленного производства водорода. Инфраструктура производства и доставки. Сферы применения. Новые водородные технологии и энергетика будущего.

Тема 5. Катализ в защите окружающей среды.

Природоохранные технологии на основе каталитических процессов. Катализаторы и каталитические процессы для очистки отходящих газов промышленности и транспорта, очистка сточных вод.

Тема 6. Сорбционные процессы в защите окружающей среды.

Очистка вод и воздуха с применением сорбционных процессов.

Содержание модуля 3 «Катализ в нефтехимии», структурированное по темам (лекций 12 ч., практических занятий 12 ч.)

Тема 1. Нефть и ее роль в мировой экономике.

Мировые запасы и добыча нефти. История добычи и переработки нефти. Теория происхождения нефти. Крупнейшие месторождения России. Классификация нефти. Фракционный состав нефти. Главные каталитические процессы в нефтехимии.

Ассортимент продуктов переработки нефти. Основные характеристики различных видов топлива. Нефтеперерабатывающие заводы России.

Тема 2. Каталитический крекинг.

Подготовка сырья для каталитического крекинга. Химические основы процесса. Превращения парафиновых, циклопарафиновых, олефиновых и ароматических углеводородов. Катализаторы крекинга. Состав и свойства известных промышленных катализаторов. Регенерация катализаторов. Продукты крекинга. Основные технологические параметры процесса и промышленные установки каталитического крекинга. Применение каталитического крекинга для получения сырья для нефтехимии и облагораживания нефтепродуктов.

Тема 3. Каталитический риформинг.

Подготовка сырья для каталитического риформинга. Химические основы процесса. Реакции нафтеновых, парафиновых и ароматических углеводородов. Продукты риформинга. Состав и свойства катализаторов риформинга. Регенерация катализаторов. Основные технологические параметры процесса и промышленные установки каталитического риформинга. Получение высокооктановых компонентов бензина при риформинге бензиновых фракций. Эксплуатация установок каталитического риформинга.

Тема 4. Гидрогенизационные процессы.

Основное назначение и химические основы гидрогенизационных процессов. Гидроочистка (десульфуризация) нефтяных фракций. Гетероатомы и нежелательные элементы. Катализаторы гидроочистки и их регенерация. Использование гидроочистки для получения моторных топлив. Реакторы установок гидроочистки. Процессы гидрообессеривания нефтяных остатков. Промышленные методы обессеривания. Гидрокрекинг нефтяного сырья. Катализаторы гидрокрекинга. Превращения парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов.

Тема 5. Каталитические процессы переработки легких углеводородов.

Изомеризация парафиновых и ароматических углеводородов. Алкилирование изопарафиновых и ароматических углеводородов олефиновыми углеводородами. Катализаторы процессов алкилирования. Реакции с участием низкомолекулярных олефинов: эпоксидирование этилена. Катализ в реакциях полимеризации.

Тема 6. Катализ в переработке природного газа.

Окислительная конверсия метана в синтез-газ. Синтез метанола и диметилового эфира. Синтез Фишера-Тропша. Диспропорционирование (метатезис) олефиновых углеводородов. Каталитическая очистка природного газа от серы.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по модулю 1 включает выполнение заданий на практических занятиях. Перед выполнением практических работ студенты должны подготовить ключевые слова на русском и английском языках по теме своей научной работы. Студенты работают на занятиях, приобретая практические навыки работ по поиску научной и патентной литературы, обработке и представлению экспериментальных данных. Затем выполняют 4 индивидуальных задания:

- поиск научной литературы по теме научного исследования на русском языке,
- поиск научной литературы на тему научного исследования на английском языке,
- поиск патентов по теме научного исследования,
- построение экспериментальных данных, оформление графика с корректным представлением результатов.

Текущий контроль проводится путем контроля посещаемости, знания теоретического материала к выполняемым практическим работам и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Программа модуля 2 включает практическую работу по проведению каталитических экспериментов, носящую научно-исследовательский характер. По результатам выполнения лабораторной работы студент готовит отчет и защищает его на занятии в группе. Отчёт используется как средство привить студентам начальные навыки исследовательской работы, предполагает проработку теоретической части, лежащей в основе работы, обработку и анализ данных, полученных при ее выполнении, а также сбор и анализ научной литературы, опубликованной в научных журналах. Защита отчета позволяет развить у обучающихся навыки и культуру профессиональной речи, сформировать научную терминологию и логику изложения доказательной базы.

Текущий контроль по модулю 2 проводится путем контроля посещаемости, знания теоретического материала к выполняемым практическим работам, методики эксперимента и порядка выполнения работы, подготовки и защиты отчетов по выполненной работе и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Текущий контроль по модулю 3 проводится путем контроля посещаемости и выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Изучение дисциплины завершается экзаменом в виде защиты реферата по выбранным темам, соответствующие тематикам двух последних модулей. Допуском к экзамену является сдача и защита отчетов по всем выполненным практическим работам модулей.

В рамках дисциплины предполагается самостоятельное знакомство с современной литературой, оригинальными статьями по темам модулей. По выбранным научным статьям и публикациям студенты готовят реферат и устное сообщение. Требования к оформлению и содержанию реферата предъявляются как к научным работам и литературному обзору. Защита реферата проходит в форме публичного выступления на 10-15 минут на практическом занятии. На защите реферата оценивается полнота раскрытия темы, использование понятийного аппарата, умение вести научную дискуссию и отвечать на вопросы аудитории (ИОПК-1.3, ИОПК-2.2, ИОПК-4.1, ИОПК-4.3, ИПК-1.1). Защита реферата является обязательной для получения допуска к промежуточной аттестации по дисциплине.

Примерный перечень тем для рефератов по модулям 2 и 3:

1. Биогенный и абиогенный катализ.
2. Фотокатализ: к солнечному топливу и химикатам
3. Переработка твердых бытовых отходов (ТБО).
4. Метан и уголь как сырье будущего.
5. Особенности микрореакторных технологий с точки зрения экологического катализа.
6. Современные катализаторы гидрогенизационных процессов в нефтехимической промышленности.
7. Технологии производства моторных масел и пластичных смазок.
8. Современные тенденции в области приготовления катализаторов каталитического крекинга нефтяного сырья.
9. Технологические способы решения проблем дезактивация катализаторов в реакторах каталитических процессов нефтепереработки.
10. Экологическая безопасность процессов переработки нефти.
11. Сравнительный анализ механизмов процесса крекинга на цеолитах и на поверхности металлических катализаторов.
12. Роль бифункциональных катализаторов в риформинге углеводородов.

13. Современные требования к качеству автомобильных бензинов. Способы повышения октанового числа.

14. Роль каталитических процессов изомеризации углеводородов в современном нефтехимическом синтезе.

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

«Отлично» - представленный доклад выполнен в соответствии с поставленными целями и задачами. Студент четко изложил материал с обоснованием полученных результатов. Ответы на вопросы даны в полном объеме и аргументированы. Грамотно использует научную лексику. Студент показал отличную подготовку и эрудицию по пройденным темам.

«Хорошо» - представленный доклад выполнен в соответствии с поставленными целями и задачами. Имеют место несущественные отклонения от требований. Представление научного доклада проведено грамотно, имеют место неточности в изложении. Ответы на отдельные вопросы даны не в полном объеме. Грамотно использует научную лексику. Студент показал хорошую подготовку и эрудицию по пройденным темам.

«Удовлетворительно» - представленный доклад в целом соответствуют поставленным целями и задачами. Имеют место недочеты в изложении материала. На некоторые вопросы не даны ответы. Научная лексика используется ограниченно. Наблюдается сильная степень неуверенности. Показана достаточная подготовка по пройденным темам.

«Неудовлетворительно» - представленный доклад не может раскрыть поставленные цели и задачи. Научный доклад представлен на низком уровне. На большинство вопросов даны неубедительные ответы. Преобладает бытовая лексика. Показана недостаточная подготовка по пройденным темам.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=28513>.

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

в) План семинарских и практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– М. Ф. Шкляр. Основы научных исследований: учебное пособие / Москва : Дашков и К°. 2009. – 242 с.

– Зачем и как писать научные статьи / Е. З. Мейлихов. – Долгопрудный: Интеллект, 2013. – 159 с.

– Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; пер. с англ. В. И. Ролдугина. – [2-е изд.]. – Долгопрудный: Интеллект, 2010.

– Гетерогенный катализ: учебное пособие для вузов по специализации 011013 "Химическая кинетика и катализ" специальности 011000 "Химия" / О. В. Крылов. – Москва : Академкнига, 2004. – 679 с.

– Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки: учебник для бакалавров и магистров, обучающихся по направлениям: "Химическая технология" (бакалавры), "Химическая технология" (магистры) /

В. М. Потехин, В. В. Потехин. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 896 с. Электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/168720>.

– Тупикин Е. И. Общая нефтехимия / Е. И. Тупикин. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 320 с. Электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/179621>.

– Химия и технология нефти и газа: учебное пособие для среднего профессионального образования / С. В. Вержичинская [и др.]. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Форум [и др.], 2017. – 415 с.

б) дополнительная литература:

– N. Abdel Karim Aramouni Catalyst design for dry reforming of methane: Analysis review / N. Abdel Karim Aramouni, J. G. Touma, B. Abu Tarboush, J. Zeaitera, M.N. Ahmada. Renewable and Sustainable Energy Reviews. –V. 82, Part 3. – 2018. – P.2570-2585.

– Catalysis for Alternative Energy Generation / Ed. La'szlo' Gucci – Springer Science+Business Media New York, 2012. –535 p.

– The Carbon Dioxide Revolution Challenges and Perspectives for a Global Society / Ed. Michele Aresta, Angela Dibenedetto – Springer Nature Switzerland AG, 2021. –262 p.

– Подвинцев И.Б. Нефтепереработка: практический вводный курс / И.Б. Подвинцев. – Долгопрудный: Интеллект, 2011. – 119 с.: ил.

– Технология переработки нефти и газа Ч. 1: Учебник для студентов нефтяных специальностей высших учебных заведений / Авт. части И. Л. Гуревич; Под ред. А. Г. Сарданашвили, А. И. Скобло. – М. Химия, 1972.

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>

– Электронная Библиотека Диссертаций [Электронный ресурс] / Российская государственная библиотека. – Электрон. дан. – М., 2003- . URL: <http://diss.rsl.ru/>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] . – Электрон. дан. – Томск, 2011- . URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– Научная библиотека Томского государственного университета [Электронный ресурс] / НИ ТГУ, Научная библиотека ТГУ. – Электрон. дан. – Томск, 1997-. – URL: <http://www.lib.tsu.ru/ru>

– SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/>

– Oxford University Press [Electronic resource] : journals / Oxford University Press (OUP), University of Oxford. – Electronic data. – Oxford, United Kingdom, 2015-. – URL: <http://www.oxfordjournals.org/en/>

– Science [Electronic resource] : journals / American Association for the Advancement of Science (AAAS). – Electronic data. – Washington, USA, 2016. – URL: <http://www.sciencemag.org/>

– Google Scholar [Electronic resource] / Google Inc. – Electronic data. – [S. l. : s. n.]. – URL: <http://scholar.google.com/>

– Федеральное агентство по интеллектуальной собственности <https://www.fips.ru/>

– Федеральное агентство по интеллектуальной собственности <https://www.fips.ru/>

– Федеральное агентство по интеллектуальной собственности <https://www.fips.ru/>

– Федеральное агентство по интеллектуальной собственности <https://www.fips.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.

Компьютерный класс для работ с интернет-ресурсами.

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.

Лаборатории, оснащенные следующим оборудованием:

- каталитические установки, сопряжённые с газовыми хроматографами «Хроматэк-Кристалл 5000» и датчиками для on-line анализа продуктов реакции.

15. Информация о разработчиках

Мамонтов Григорий Владимирович, канд. хим. наук, кафедра физической и коллоидной химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.

Грабченко Мария Владимировна, канд. хим. наук, старший научный сотрудник лаборатории каталитических исследований Национального исследовательского Томского государственного университета.

Савенко Дарья Юрьевна, кафедра физической и коллоидной химии Национального исследовательского Томского государственного университета, ассистент.