

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ



Аннотированная рабочая программа модуля

«ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению
04.06.01 - Химические науки

Уровень высшего образования – подготовка кадров высшей квалификации

Томск – 2016

Рабочая программа разработана в соответствии с:


- самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом Национального исследовательского Томского государственного университета (НИ ТГУ) по направлению подготовки **04.06.01 – Химические науки** (уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации) (утв. Ученым советом НИ ТГУ, протокол № 5 от 25.05.2016 г.);


- основной образовательной программой по направлению подготовки **04.06.01 – Химические науки** (в ред. 2016 г., по решению Ученого Совета от 29.06.2016, протокол № 6);


- учебного плана по направлению подготовки **04.06.01 – Химические науки** (утв. Ученым советом НИ ТГУ, протокол № 6 от 29.06.2016 г.).


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании учебно-методической комиссии химического факультета, протокол № 31 от «18» 05 2016 года


Авторы-разработчики, преподаватели модуля:

Зав. кафедрой, доктор химических наук, профессор, Водянкина Ольга Владимировна 

Профессор КФКХ, кандидат химических наук, доцент Минакова Тамара Сергеевна 

Доцент КФКХ, кандидат химических наук, доцент Цыро Лариса Васильевна 

Доцент КФКХ, кандидат химических наук Харламова Тамара Сергеевна 

Доцент КФКХ, кандидат химических наук Мамонтов Григорий Владимирович 

Рецензент (ы):

профессор кафедры физической химии, д.ф.-м.н., доцент Курзина И.А. 

Согласовано:

Руководитель ООП по направлению 04.06.01 – Химические науки:

профессор кафедры физической химии, д.ф.-м.н., доцент Курзина И.А. 

Цели и задачи модуля

Данный модуль «Физическая химия» является основной дисциплиной (модулем), определяющей направленность программы подготовки аспирантов соответствующей научной специальности **02.00.04 - Физическая химия**.

Цели изучения модуля:

– практическое применение математического аппарата статистической термодинамики и термодинамики необратимых процессов, основных постулатов, гипотез, моделей, лежащих в основе этих разделов термодинамики для описания физико-химических процессов, в том числе на границе раздела фаз;

– получение систематизированных знаний для оценки общих и частных свойств атомов и молекул, основных физических причин образования и разрушения связей; применение этих знаний для объяснения и предсказания фотохимических и других явлений в практике;

– формирование у обучающихся представления о современных методах и подходах к синтезу нанокompозитных систем заданного химического и фазового состава, и характерных особенностях коллоидной системы, определяющей структуру и функциональные характеристики наноматериалов;

– выявление взаимосвязи в системе «состав / способ приготовления / структура / свойство», позволяющей целенаправленно конструировать и/или модифицировать композит;

– создание системы знаний и навыков в области исследования механизмов и кинетики гетерогенных каталитических реакций; обеспечить практическое применение этих знаний для исследований кинетических закономерностей и механизмов каталитических процессов.

Задачи изучения модуля:

– освоить подходы к решению термодинамических задач с привлечением данных о строении молекул реагентов, с расчетом термодинамических функций на основе молекулярных постоянных отдельных частиц;

– показать применение термодинамических методов к необратимым процессам;

– освоить методы молекулярно-статистического описания физико-химических процессов (адсорбции, катализа);

– освоить наиболее важные теории, подходы, приближения и расчетные схемы современной квантовой химии применительно к описанию молекулярных систем и процессов на границе раздела фаз;

– сформировать у обучающихся систему теоретических знаний в области методов приготовления функциональных наноматериалов с заданными свойствами;

– приобрести умение проектировать (создавать методологию) и осуществлять комплексные исследования химического и фазового состава наноматериалов, а также их структуры на всех стадиях приготовления;

– сформировать у обучающихся теоретическую базу и систему практических навыков в области определения функциональных свойств наноматериалов, в том числе адсорбционных и каталитических свойств;

– освоить методы экспериментального изучения кинетики и механизмов каталитических реакций;

– овладеть методами расчета кинетических параметров каталитических реакций

(константы скорости, порядка по реагенту, энергии активации) при решении обратной задачи химической кинетики;

– приобрести навыки и умения по решению практических задач в рамках установления механизма гетерогенной реакции на поверхности гетерогенного катализатора.

Модуль направлен на углубленную профессиональную подготовку аспиранта.

Место модуля в структуре образовательной программы

Модуль «**Физическая химия**» является компонентом профессиональных модулей по выбору вариативной части Блока 1 основной образовательной программы (ООП) аспирантуры (В.ДВ.1.4) и направлен на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности **02.00.04 - Физическая химия**.

Модуль изучается в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки. Срок изучения модуля определяется в соответствии с календарным графиком.

Общая трудоемкость модуля составляет 7 зачетных единиц, 252 часа, из которых 56 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (24 часа занятия лекционного типа, 32 часа практические занятия, индивидуальные консультации), 160 часов составляет самостоятельная работа аспиранта, 36 часов – контроль (сдача кандидатского экзамена).

Входные требования для освоения модуля

Для полноценного усвоения данного модуля аспирантам необходимо иметь знания по неорганической химии, аналитической химии, физической химии, коллоидной химии, органической химии, инструментальным методам анализа (в рамках курса специалитета или магистратуры). Необходимо понимание основ строения и свойств неорганических и органических соединений, термодинамических подходов к описанию химических равновесий, знание сущности методов разделения и концентрирования, химических методов определения, принципов анализа различных объектов.

Модуль «Физическая химия» создает необходимую базу для успешного освоения аспирантами последующих дисциплин вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)», Блока 2 «Практики», Блока 3 «Научные исследования» и Блока 4 «Государственная итоговая аттестация» ООП аспирантуры.

Общая трудоемкость модуля

Виды учебной работы	Объем	
	7 з.е.	252 ак. часа
Общая трудоемкость модуля по учебному плану		
Аудиторные занятия (контактная работа)		56
Лекции		24
Практические занятия (индивидуальные консультации)		32
Самостоятельная работа		160
Контроль		36
Вид контроля: зачет, зачет с оценкой, кандидатский экзамен		

Процесс изучения модуля «Физическая химия» направлен на формирование следующих **профессиональных** компетенций:

– способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук(PhD) (**ПК-1**);

– способность устанавливать закономерности кинетики и механизма сложных химических реакций, протекающих, в том числе, на поверхности гетерогенных/микрогетерогенных катализаторов; грамотно использовать основы физической химии как теоретического фундамента современной химии, необходимого при решении профессиональных задач в разных областях химии (**ПК-3**);

– способность разрабатывать новые высокоэффективные материалы с заданным комплексом свойств путем установления фундаментальных закономерностей влияния состава, структуры, условий получения, а также эксплуатационных и других факторов на свойства материалов (**ПК-8**).

В результате освоения модуля аспирант должен:

Знать:

- современное состояние науки в соответствии с направленностью подготовки;
- взаимосвязь микро- и макропараметров в химических и физико-химических системах;
- основные постулаты, понятия статистической и неравновесной термодинамики, квантовой химии, теоретической и формальной кинетики химических процессов, в том числе, на границе раздела фаз;
- современные методы разработки новых катализаторов и адсорбентов с заданным комплексом свойств.

Уметь:

- представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях;
- представлять результаты научных исследований (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу;
- определять термодинамические функции и параметры макроскопических систем по их молекулярно-кинетическим свойствам и с использованием квантово-химических расчетов;
- применять основы физической химии при решении термодинамических, статистико-термодинамических и квантово-химических проблем, при решении прямой и обратной кинетических задач, связанных с темой диссертационной работы;
- устанавливать и анализировать закономерности влияния состава, структуры, условий получения на функциональные свойства материалов.

Владеть:

- методами планирования, подготовки, проведения научных исследований, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности подготовки;
- теоретическими и практическими знаниями для применения статистического метода при исследовании процессов, происходящих на границе раздела фаз;
- методами обработки результатов кинетических исследований;

- на основании литературных данных, методиками получения материалов с заданным комплексом свойств.

В результате освоения модуля у аспиранта формируются следующие элементы компетенций:

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по модулю
<p>ПК-1 – способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук(PhD)</p>	<p>З (ПК-1) – 1 - современное состояние науки в соответствии с направленностью подготовки</p> <p>У (ПК-1) – 1 - представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях</p> <p>У (ПК-1) – 3 - представлять результаты научных исследований (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу</p> <p>В (ПК-1) – 1 - методами планирования, подготовки, проведения научных исследований, анализа полученных данных,</p>
<p>ПК-3 - способность устанавливать закономерности кинетики и механизма сложных химических реакций, протекающих, в том числе, на поверхности гетерогенных/микрогетерогенных катализаторов; грамотно использовать основы физической химии как теоретического фундамента современной химии, необходимого при решении профессиональных задач в разных областях химии</p>	<p>Формировки выводов о физико-химических параметрах в подготовке и физико-химических системах</p> <p>З (ПК-3) - 2 - основные постулаты, понятия статистической и неравновесной термодинамики, квантовой химии, теоретической и формальной кинетики химических процессов, в том числе, на границе раздела фаз</p> <p>У (ПК-3) – 1 - определять термодинамические функции и параметры макроскопических систем по их молекулярно-кинетическим свойствам и с использованием квантово-химических расчетов</p> <p>У (ПК-3) – 2 - применять основы физической химии при решении термодинамических, статистико-термодинамических и квантово-химических проблем, при решении прямой и обратной кинетических задач, связанных с темой диссертационной работы</p> <p>В (ПК-3) – 1 - теоретическими и практическими знаниями для применения статистического метода при исследовании процессов, происходящих на границе раздела фаз</p> <p>В (ПК-3) - 2 - методами обработки результатов кинетических исследований</p>
<p>ПК-8 – способность разрабатывать новые высокоэффективные материалы с заданным комплексом свойств путем установления фундаментальных закономерностей влияния состава, структуры, условий получения, а также эксплуатационных и других факторов на свойства материалов</p>	<p>З (ПК-8) – 2 - современные методы разработки новых катализаторов и адсорбентов с заданным комплексом свойств</p> <p>У (ПК-8) – 2 - устанавливать и анализировать закономерности влияния состава, структуры, условий получения на функциональные свойства катализаторов и адсорбентов</p> <p>В (ПК-8) – 1 - методиками получения и исследования катализаторов и адсорбентов с заданным комплексом свойств</p>

Наименование тем (разделов) и их краткое содержание

Часть 1. Основы описания молекулярных систем с позиций статистической и неравновесной термодинамики, а также с точки зрения квантовой химии.

Основные постулаты статистической термодинамики. Статистические средние значения микроскопических величин Ансамбли Гиббса. Метод функций распределения для канонического и микроканонического ансамблей.

Молекулярная сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная сумма по состояниям. Сумма по состояниям для электронного движения. Вращательная сумма по состояниям для жесткого ротатора. Колебательная сумма по состояниям для гармонического осциллятора.

Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям системы для различимых и неразличимых частиц. Алгоритм расчета молекулярной суммы по состояниям, обусловленной разными видами движения.

Выражение термодинамических функций через сумму по состояниям (энтропия, энергия Гельмгольца, (внутренняя энергия, энтальпия, энергия Гиббса, давление P , теплоемкости при постоянном объеме и давлении C_v и C_p).

Расчет термодинамических функций и констант равновесия химических реакций методами статистической термодинамики. Молекулярно-статистические методы расчета термодинамических характеристик адсорбции.

Основные положения термодинамики неравновесных процессов. Локальное термодинамическое равновесие, типы неравновесных термодинамических систем. Функция диссипации, скорость возникновения энтропии, неравенство Де-Донде.

Взаимосвязь потоков и сил, соотношение взаимности Онзагера. Стационарное состояние и теорема Глансдорфа – Пригожина. Вычисление термодинамических сил. Неравновесные процессы в однородных системах на примере протекания химических реакций. Неравновесные процессы в непрерывных системах. Диффузия, термодиффузия, диффузионный термоэффект.

Квантовая теория образования химических связей. Качественное объяснение основных закономерностей состояний атома водорода. Виды волновых функций атома водорода. Гибридизация. Строение молекул. Силы в молекулах и химическая связь.

Расчетные методы квантовой химии. Неэмпирические и полуэмпирические методы расчета молекул.

Строение и свойства сопряженных молекул. Квантово-химические расчеты молекул. Расчет молекул водорода методом валентных связей (ВС). Применение метода МО ЛКАО к молекулярному иону и молекуле водорода. Сравнение методов ВС и МО. Характеристика МО. Молекулярные термы.

Часть 2. Методы приготовления материалов с заданными функциональными свойствами.

Объекты и методы нанохимии. Основные определения и понятия. Наночастица и нанореактор. Взаимосвязь функциональности и размерного фактора. Виды нанореакторов. Примеры. Эффекты наноразмерного состояния веществ. Общая классификация наноструктур. Общая характеристика методов синтеза наноматериалов. Золь-гель технология синтеза нанокомпозитных материалов. Основные принципы золь-гель технологии. Взаимосвязь между условиями синтеза и свойствами материалов. Процессы зародышеобразования. Суммарная схема формирования текстуры материалов на примере силикагелей золь-гель методом. Особенности формирования ксерогелей,

осаждаемых из алкоксидов металлов. Преимущества и недостатки.

Синтез нанокompозитов на основе аморфных и полимерных матриц-нанореакторов. Внутренняя структура полимеров органической и неорганической природы. Способы управления пористой структурой: иерархические материалы. теоретические и Практические аспекты синтеза органических и неорганических макропористых монолитных систем. Микро- и макросинтез. Оксидные макропористые монолитные системы. Фазовое расслоение. Спинодальный распад. Монолиты с иерархической пористостью. Модификация поверхности монолита активными компонентами. Общая характеристика области применения нанокompозитов на основе аморфных и полимерных матриц-нанореакторов. Синтез нанокompозитов в нанореакторах упорядоченной структуры. Нульмерные нанореакторы: цеолиты, общая характеристика, строение, способы синтеза, методы получения нанокompозитных материалов. Способы введения прекурсора для получения наноразмерных частиц. Одномерные нанореакторы – мезопористые материалы на основе SiO_2 и Al_2O_3 : строение, способы синтеза, методы получения нанокompозитных материалов. Двумерные нанореакторы – слоистые материалы на основе двойных гидроксидов металлов: особенности строения, свойства, способы синтеза, подходы к получению нанокompозитов, области применения.

Синтез нанокompозитных материалов в жидкофазных нанореакторах. Основные законы коллоидной химии. Принцип Веймарна. Классификация ультрадисперсных систем. Коллоидные системы. Микроэмульсии. Мицеллы: типы поверхностно-активных веществ, строение мицеллы, состояние фрустрации, равновесная форма мицеллярной поверхности. Механизм мицеллообразования. Пленочные структуры. Солюбилизация – основа синтеза нанокompозитов. Нанореакторы на основе микроэмульсий. Основные типы реакций в микроэмульсиях. Нанореакторы на основе моно- и полимолекулярных слоев. Преимущества микроэмульсионного синтеза наносистем.

Современные подходы к конструированию высокоэффективных катализаторов на основе наноматериалов. Основные направления использования наноматериалов в катализе. Исторический аспект применения наноматериалов в катализе. Правило постоянства УКА. Теория активных ансамблей. Число оборотов реакции. Взаимодействие «катализатор – реакционная среда». Примеры проявления размерных эффектов в катализе. Общие тенденции в современном развитии катализа. Некоторые аспекты использования кластеров и наночастиц как каталитически активных центров. Привитые каталитические системы. Современное состояние развития производства катализаторов и технологий на их основе в РФ: Общая характеристика, примеры создания эффективных наноматериалов в области нефтепереработки (каталитический риформинг, синтез Фишера-Тропша, технологии нефтепереработки, катализаторы гидроочистки, золотосодержащие катализаторы).

Методы синтеза углеродных наноматериалов. Формы углерода. Фуллерены. Реакции гидрирования фуллеренов. Углеродные нанотрубки (УНТ). Методы получения углеродных наноматериалов: дуговой синтез, лазерный синтез, пиролитические способы синтеза. Способы очистки и выделения УНТ. Основные подходы к созданию композитных материалов на основе УНТ. Углеродные нановолокна. Общая характеристика: особенности структуры, химические, физические и прочностные свойства нановолокон. Общая характеристика способов получения углеродных нановолокон. Характеристика областей применения.

Часть 3. Механизмы и кинетика каталитических процессов, в том числе, на границе раздела фаз.

Основные понятия кинетики химических реакций. Основные понятия кинетики химических реакций: скорость химической реакции, константа скорости, элементарные и сложные реакции, энергия активации. Скорость реакции и равновесие. Стадийность каталитических процессов. Особенности кинетики гетерогенно-каталитических реакций. Элементы строения поверхности твердых тел. Механизм образования поверхности. Кромка и ее строение. Явления релаксации и реконструкции. Общая характеристика процессов, протекающих на поверхности. Дефекты: классификация, термодинамика образования точечных дефектов, линейные дефекты: механизмы образования дислокаций, двумерные дефекты: понятие границ зерен и субзерен. Поверхностная энергия кристаллов.

Промежуточные соединения в гетерогенном катализе. Активные центры поверхности твердых катализаторов: определение, классификация, механизмы образования. Типы промежуточных соединений на поверхности катализатора. Инструментальные методы определения промежуточных соединений. Понятие механизма каталитической реакции. Связь между кинетическим уравнением и механизмом гетерогенной каталитической реакции.

Кинетика гетерогенных каталитических реакций в адсорбционном слое. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций: Модель Лэнгмюра. Кинетика реакций в отсутствие адсорбционного равновесия. Усложненные кинетические закономерности. Общие принципы построения кинетических моделей гетерогенных каталитических реакций.

Диффузионная кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Законы массо- и теплообмена. Внешнедиффузионное торможение. Внутريدиффузионное торможение. Селективность и отравление катализатора при диффузионном торможении процесса. Разогрев поверхности гетерогенного катализатора при внешнедиффузионном торможении процесса. Неизотермический процесс на пористом катализаторе.

Экспериментальные методы изучения кинетики. Статические и проточные (динамические) методы, интегральные и дифференциальные реакторы. Модели идеальных реакторов - идеального смешения и идеального вытеснения. Методы исследования нестационарных процессов. Использование физических методов в кинетических исследованиях.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по видам учебных занятий предполагает следующие формы:

- самостоятельная проработка актуальных задач научной профессиональной деятельности, выполняемая с привлечением конспектов лекций, а также основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Структура учебных видов деятельности

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		СР	Форма контроля успеваемости
		Лекции	Практические занятия (индивидуальные консультации)		
Часть 1. Основы описания молекулярных систем с позиций статистической и неравновесной термодинамики, а также с точки зрения квантовой химии	72	4	6	62	Зачет
Часть 2. Методы приготовления материалов с заданными функциональными свойствами	72	4	6	62	Зачет с оценкой
Часть 3. Механизмы и кинетика каталитических процессов, в том числе, на границе раздела фаз	72	16	20	36	
Контроль	36				Кандидатский экзамен
Итого:	252	24	32	160	

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДУЛЯ

Основная литература

1. Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Физическая химия. Т1., Т2. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2013. – 584 с.
2. Ефремов Ю. С. Статистическая физика и термодинамика. Директ-Медиа, 2015. – 208 с.
3. Пармон В.Н. Термодинамика неравновесных процессов для химиков. С приложением к химической кинетике, катализу, материаловедению и биологии: Учебное пособие/ В.Н. Пармон. – Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект", 2015. – 472 с.
4. Цирельсон В.Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела / В.Г. Цирельсон. – М. : Изд-во Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 520 с.
5. Бутырская Е.В. Компьютерная химия. Основы теории и работа с программами Gaussian и GaussView / Е. В. Бутырская. – М. : Изд-во Солон-Пресс, 2011. – 224 с.
6. Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. – Долгопрудный : Издательский дом «Интеллект», 2013. – 504 с.

5.2. Дополнительная литература

1. Агеев Е. П. Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах. М.: Химический ф-т МГУ. 1999
2. Полторацк О. М. Термодинамика в физической химии. М.: Высшая школа. 1991.
3. Смирнова Н. А. Методы статистической термодинамики в физической химии. М.: Высшая школа. 1982.
4. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем /Н. А. Шабанова, П. Д. Саркисов. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 331 с.
5. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. М.: Наука, 1986. 304 с.
<http://sun.tsu.ru/limit/2016/000056936/000056936.djvu>
6. Мухленов И.П. Технология катализаторов. Л.: Химия, 1989. 272 с.

7. Карнаухов А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов. Новосибирск: Наука, 1999. 470 с.
<http://sun.tsu.ru/limit/2016/000343275/000343275.pdf>
8. Фенелонов В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов / В.Б. Фенелонов. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2002. – 413 с.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" необходимые для освоения модуля

1. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
2. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010-. – URL: <http://e.lanbook.com/>
3. Институт дистанционного образования, 2007. – URL: http://ido.tsu.ru/iop_res2/kvantmeh/ (дата обращения: 01.10.2016)
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000. – URL: <http://elibrary.ru/>
5. Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – М., 2013. – URL: <http://www.biblio-online.ru/>

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДУЛЯ

Преподавание модуля осуществляется на кафедре физической и коллоидной химии химического факультета НИ ТГУ.

Расположение кафедры: 6 учебный корпус НИ ТГУ, ул. Аркадия Иванова, 49, ауд. 210.

Сайт кафедры: <http://chem.tsu.ru/node/430>

Материально – техническое оборудование, используемое при реализации модуля «Физическая химия»:

- лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для демонстрации презентаций и слайдов (аудитория № 212 6-го учебного корпуса ТГУ);
- лабораторные аудитории (№ 222, 211 6-го учебного корпуса ТГУ);
- лабораторные аудитории адсорбционных и каталитических методов анализа (112, 113, 114)
- компьютерный класс (ауд. 405).

Лабораторные аудитории укомплектованы необходимым оборудованием, в том числе:

- Анализатор удельной площади поверхности и пористости 3Flex (Micromeritics, USA), предназначенный для анализа пористой структуры пористых материалов методом низкотемпературной адсорбции инертных газов, включая анализ микропористых материалов, а также для анализа хемосорбции при пониженном давлении (ЦКП адсорбционных и каталитических исследований ТГУ, ауд. 112, 6 уч. корп.).
- Прибор синхронного термического анализа STA 449 F1 Jupiter, сопряжённый с газовым масс-спектрометром QMS 403 Aeolos (NETZSCH-Geraetebau GmbH, Germany) (ЦКП адсорбционных и каталитических исследований ТГУ, ауд. 112, 6 уч. корп.)
- Хемосорбционный анализатор высокого давления AutoChem 2950 HP (Micromeritics, USA) с приставкой CrioCooler II для проведения экспериментов в области отрицательных температур (до -100 °С), а также сопряжённый с квадрупольным газовым масс-спектрометром UGA-300 (Stanford Research systems, USA) для анализа продуктов

десорбции и/или реакции при исследовании функциональных свойств и реакционной способности металл-оксидных катализаторов (ЦКП адсорбционных и каталитических исследований ТГУ, ауд. 112, 6 уч. корп.).

– Анализатор удельной поверхности и пористости TriStar 3020 (Micromeritics, USA) – измерение удельной поверхности, пористости и распределения пор по размерам носителей и катализаторов (ЦКП адсорбционных и каталитических исследований ТГУ, ауд. 112, 6 уч. корп.)

– Проточные каталитические установки для исследования активности синтезированных каталитических систем в процессе глубокого окисления летучих органических соединений, монооксида углерода, метана, фоторазложения/окисления органических соединений, сопряжённые с газовыми хроматографами "Хроматэк-Кристалл 5000" для анализа продуктов реакции (ЦКП адсорбционных и каталитических исследований НИ ТГУ, ауд. 113-114, 6 уч. корп.).

– Проточные каталитические установки для исследования активности синтезированных каталитических систем в процессе дегидрирования углеводородов, сопряжённые с газовыми хроматографами «Хроматэк-Кристалл 5000» и «Хромос» для анализа продуктов реакции (ЦКП адсорбционных и каталитических исследований ТГУ, ауд. 114, 6 уч. корп.)

– Спектрофотометр «Evolution 600» USA (Химико-аналитический центр коллективного пользования ТГУ, ауд. 410, 6 уч. корп. ТГУ).

– Спектрометр ИК-Фурье исследовательского класса с *in situ* ячейкой - изучение функциональных свойств поверхности носителей и катализаторов, химического состояния модифицирующих оксидов и характера их взаимодействия с носителем, а также исследования влияния модифицирующих добавок на механизмы каталитических реакций, протекающих на активном компоненте (Химико-аналитический центр коллективного пользования НИ ТГУ, ауд. 410, 6 уч. корп. НИ ТГУ).

– Весы лабораторные высокого (II) класса точности по ГОСТ 24104 (ЦКП адсорбционных и каталитических исследований НИ ТГУ, ауд. 112-114, 6 уч. корп.).

– Трубочатая печь Nabertherm RSR 80/750/11 для высокотемпературного отжига катализаторов (ЦКП адсорбционных и каталитических исследований НИ ТГУ, ауд. 113, 6 уч. корп.).

– Сушильные шкафы, муфели для просушивания и термообработки катализаторов (ЦКП адсорбционных и каталитических исследований НИ ТГУ, комната для термообработки 116а, 6 уч. корп.).