

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 15.05.2026 13:50:11

Уникальный программный ключ:

ca953a01204891083f939673078ef1a989aae18a

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Факультет физико-математических и естественных наук

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАТАЛИЗЕ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

04.04.01 ХИМИЯ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

СОВРЕМЕННАЯ ИНТЕГРАТИВНАЯ ХИМИЯ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Физические методы исследования в катализе» входит в программу магистратуры «Современная интегративная химия» по направлению 04.04.01 «Химия» и изучается в 3 семестре 2 курса. Дисциплину реализует Кафедра физической и коллоидной химии. Дисциплина состоит из 6 разделов и 15 тем и направлена на изучение. Целью освоения дисциплины «Физические методы исследования в катализе» является получение студентами теоретических и практических знаний по применению физико-химических методов для изучения каталитических процессов на современном уровне и во взаимосвязи с другими науками.

Целью освоения дисциплины является Получение студентами теоретических и практических знаний по применению физико-химических методов для изучения каталитических процессов на современном уровне и во взаимосвязи с другими науками. Дисциплина «Физические методы исследования в катализе» направлена на изучение основ теории и практики физико-химического анализа веществ, основных экспериментальных закономерностей, лежащих в основе физико-химических методов исследования, их связи с современными технологиями, а также формирование у студентов компетенций, позволяющих осуществлять экспериментальное определение закономерностей изменения физико-химических свойств и проводить численные расчеты соответствующих физико-химических величин.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Физические методы исследования в катализе» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ПК-1	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-1.2 Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов;
ПК-2	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-2.1 Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными.; ПК-2.2 Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Физические методы исследования в катализе» относится к блоку по выбору блока образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению

запланированных результатов освоения дисциплины «Физические методы исследования в катализе».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-1	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	Научный семинар; Выполнение магистерской диссертации; Организация и планирование научных исследований; Теория и проблемы физической химии; Анализ данных в химии; Химия наноструктурированных систем; Избранные главы неорганической химии; Избранные главы аналитической химии; Современные проблемы органической химии; Современные проблемы неорганической химии; Продвинутая аналитическая химия; Избранные главы органической химии;	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика;
ПК-2	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	Организация и планирование научных исследований; Научный семинар; Выполнение магистерской диссертации;	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физические методы исследования в катализе» составляет «5» зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			3
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	72		72
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	36		36
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	72		72
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	36		36
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	180	180
	зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Общая характеристика и классификация физических методов исследования.	1.1	Общая характеристика и классификация физических методов исследования. Прямая и обратная задачи, характеристическое время методов.	Рассмотрены общая характеристика и классификация физических методов исследования, а также концепции прямой и обратной задач и характеристического времени методов. Физические методы анализа основаны на измерении аналитического сигнала, возникающего при взаимодействии вещества с физическим полем (электромагнитным, электрическим, магнитным, тепловым). По типу измеряемого эффекта методы классифицируют на спектроскопические, электрохимические, термические, хроматографические и масс-спектрометрические. Прямая задача физического метода заключается в расчете аналитического сигнала по известным свойствам вещества и условиям эксперимента. Обратная задача — определение свойств и состава вещества по экспериментально измеренному сигналу, что является основной целью анализа. Характеристическое время метода определяет временной масштаб регистрируемого процесса. По этому критерию методы делят на статические (равновесные) и динамические (кинетические), что влияет на выбор подхода для изучения быстрых или медленных процессов.	ЛК
		1.2	Возможности физических методов и области их применения	Рассмотрены возможности физических методов анализа и основные области их применения. Физические методы обладают высокой чувствительностью (пределы обнаружения до 10^{-10} – 10^{-1} г%), экспрессностью, возможностью автоматизации и неразрушающего контроля. Они позволяют проводить элементный, молекулярный, функциональный и фазовый анализ, а также изучать структуру и динамику химических систем. Спектроскопические методы (атомно-эмиссионная, атомно-абсорбционная, ИК- и УФ-спектроскопия, ЯМР) применяют для определения элементного состава, идентификации функциональных групп и исследования структуры молекул. Электрохимические методы (потенциометрия, вольтамперометрия) используют для анализа растворов и изучения механизмов электродных процессов.	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				Хроматографические методы обеспечивают разделение и анализ сложных смесей органических и неорганических веществ. Масс-спектрометрия позволяет определять молекулярные массы и структуру соединений. Термические методы (ДСК, ТГА) изучают фазовые переходы и термическую стабильность. Области применения включают экологический мониторинг, фармацевтику, пищевую промышленность, металлургию, нефтехимию и биомедицинские исследования.	
Раздел 2	Рентгеноспектральные методы анализа каталитических систем	2.1	Определения кристаллической и электронной структуры, состояния поверхности каталитических наносистем до и после катализа.	Рассмотрены физические методы определения кристаллической и электронной структуры, а также состояния поверхности каталитических наносистем до и после катализа. Для анализа кристаллической структуры используют рентгеновскую дифракцию (XRD), позволяющую определять фазовый состав, размер кристаллитов и параметры решетки, а также просвечивающую электронную микроскопию высокого разрешения (HRTEM). Электронную структуру исследуют методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS) для анализа химического состояния элементов, рентгеновской абсорбционной спектроскопии (XANES/EXAFS) для изучения локального окружения и степени окисления. Состояние поверхности характеризуют сканирующей электронной микроскопией (SEM), атомно-силовой микроскопией (AFM) и спектроскопией комбинационного рассеяния (Раман). Сравнительный анализ каталитических наносистем до и после реакции позволяет выявить деградационные процессы: спекание частиц, изменение степени окисления, образование кокса или пассивацию активных центров. Эти данные необходимы для понимания механизмов катализа и разработки стабильных наноструктурированных катализаторов.	ЛК, ЛР
		2.2	Влияние состава поверхности катализаторов на характер протекающих на	Рассмотрено влияние состава поверхности катализаторов на характер протекающих на ней процессов. Поверхность	

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			ней процессов	катализатора является активным центром, где происходят адсорбция реагентов, активация связей, химические превращения и десорбция продуктов. Состав поверхности определяет природу активных центров, их распределение, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства. Присутствие промоторов изменяет электронную структуру активных компонентов, повышая селективность. Носители влияют на дисперсность, стабильность и синергетические эффекты. Легирование или формирование биметаллических наночастиц модифицирует адсорбционную способность и каталитическую активность. Отравление поверхности примесями (сера, хлор, углерод) приводит к дезактивации. Поверхностные дефекты, ступеньки, границы зерен часто выступают в роли дополнительных активных центров. Изучение состава поверхности методами XPS, AES, EXAFS, ИК-спектроскопии адсорбированных зондов позволяет коррелировать состав с каталитическими свойствами и целенаправленно конструировать катализаторы.	
Раздел 3	Атомно-адсорбционные методы исследования химического состава катализаторов	3.1	Рассматриваются теоретические и практические основы атомно-адсорбционного метода анализа, основные узлы атомно-адсорбционных спектрометров, в том числе источники излучения, атомизаторы и др.	Рассмотрены теоретические и практические основы атомно-адсорбционного метода анализа (ААС), а также основные узлы атомно-адсорбционных спектрометров. Метод основан на резонансном поглощении света свободными атомами определяемого элемента в газовой фазе. Согласно закону Бугера-Ламберта-Бера, степень поглощения пропорциональна концентрации атомов в атомизаторе. Основные узлы ААС-спектрометра включают: источник излучения (обычно лампы с полым катодом или безэлектродные разрядные лампы), атомизатор (пламенный — ацетилен-воздух или ацетилен-закись азота, либо электротермический — графитовая печь), монохроматор для выделения резонансной линии и фотоэлектрический детектор. Электротермическая атомизация обеспечивает более низкие пределы обнаружения по сравнению с пламенной. Метод характеризуется высокой чувствительностью, селективностью и широким динамическим диапазоном. Области применения: анализ металлов и сплавов, геологических проб, объектов окружающей среды, пищевых	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				продуктов, биологических жидкостей. Основные ограничения — трудность одновременного определения нескольких элементов и влияние матричных помех.	
		3.2	Типы мешающих влияний и способы их устранения, основные методические подходы к аналитическому определению элементов в разнообразных объектах каталитических систем с использованием пламенных и электротермических способов атомизации, метрологические характеристики метода	Рассмотрены типы мешающих влияний в атомно-абсорбционном анализе и способы их устранения, а также методические подходы к определению элементов в каталитических системах с использованием пламенной и электротермической атомизации. Выделяют спектральные помехи (наложение линий поглощения, неселективное поглощение) и неспектральные (физические, химические — образование тугоплавких соединений, ионизационные). Способы устранения включают использование коррекции фона (дейтериевая или зеэмановская), добавление модификаторов матрицы, экстракционное отделение, применение платиновой или пироуглеродной платформы в графитовой печи. Методические подходы предусматривают выбор оптимальных условий атомизации, использование градуировочных графиков, метода добавок или стандарт-добавок для учета матричного эффекта. Метрологические характеристики метода: предел обнаружения (для пламени — 0,01–1 мг/л, для электротермической атомизации — 0,1–10 мкг/л), чувствительность, правильность, воспроизводимость (относительное стандартное отклонение 1–5%). Контроль качества обеспечивается анализом стандартных образцов.	ЛК, ЛР
Раздел 4	Применение методов ИК, УФ и видимой спектроскопии в изучении адсорбционно-каталитических систем.	4.1	Классификация и отнесение электронных переходов и соответствующих полос в УФ и видимых спектрах.	Рассмотрены классификация электронных переходов и отнесение соответствующих полос в УФ- и видимых спектрах электронного поглощения. В основе метода лежат электронные переходы между молекулярными орбиталями при поглощении кванта света. По типу участвующих орбиталей выделяют переходы: $\sigma \rightarrow \sigma^*$ (характерны для насыщенных углеводородов, проявляются в вакуумном УФ-диапазоне), $n \rightarrow \sigma^*$ (наблюдаются у соединений с гетероатомами, 150–250 нм), $\pi \rightarrow \pi^*$ (для ненасыщенных соединений и ароматических систем, 170–250 нм с высокой интенсивностью), $n \rightarrow \pi^*$ (для карбонильных,	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>нитрозо- и азогрупп, 270–300 нм, низкая интенсивность). Переходы с переносом заряда характерны для комплексных соединений. Отнесение полос проводят по положению максимума (λ_{max}), молярному коэффициенту экстинкции (ϵ), форме полосы и влиянию растворителя. Вспомогательные критерии — батохромный (красный) и гипсохромный (синий) сдвиги, гипер- и гипсохромные эффекты. Интерпретация УФ-спектров позволяет идентифицировать хромофорные группы, определять сопряженные системы и исследовать комплексообразование.</p>	
		4.2	<p>Применение электронных спектров. Применение методов ИК и УФ спектроскопии в анализе, исследовании равновесий и кинетики реакций.</p>	<p>Рассмотрено применение методов ИК- и УФ-спектроскопии в анализе, исследовании равновесий и кинетики реакций. УФ-спектроскопия используется для количественного определения веществ, идентификации хромофорных групп, изучения комплексообразования и таутомерных равновесий. Метод позволяет определять константы равновесия по изменению оптической плотности при фиксированной длине волны. ИК-спектроскопия применяется для идентификации функциональных групп, анализа структурных изомеров, контроля чистоты веществ и изучения водородных связей. В кинетических исследованиях оба метода незаменимы для измерения концентраций реагентов и продуктов <i>in situ</i> без нарушения системы. По изменению интенсивности характеристических полос во времени рассчитывают константы скорости, порядок реакции и энергию активации. Преимущества: высокая чувствительность, экспрессность, возможность изучения быстрых процессов с применением струйных методик. Спектроскопические методы эффективны для мониторинга каталитических реакций, фотохимических процессов и равновесий в растворах.</p>	ЛК, ЛР
		4.3	<p>Применение методов ИК, УФ и видимой спектроскопии в изучении адсорбционно-каталитических систем.</p>	<p>Рассмотрено применение методов ИК-, УФ- и видимой спектроскопии в изучении адсорбционно-каталитических систем. ИК-спектроскопия позволяет идентифицировать поверхностные соединения (адсорбированные молекулы,</p>	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				интермедиаты, карбонилы, гидроксильные группы), изучать природу активных центров и механизмы каталитических реакций <i>in situ</i> . Метод чувствителен к состоянию адсорбированных частиц и их окружению. УФ- и видимая спектроскопия применяются для исследования электронных переходов в поверхностных комплексах, определения координационного окружения и степени окисления ионов переходных металлов в составе катализаторов. Диффузионно-отражательная спектроскопия (DRS) используется для анализа непрозрачных порошкообразных образцов. Сочетание спектральных методов позволяет коррелировать спектральные характеристики с каталитической активностью, выявлять интермедиаты и механизмы дезактивации (коксообразование, отравление). Преимущества: неразрушающий контроль, возможность изучения систем в условиях реакции (<i>operando</i> -режим) при высоких температурах и давлениях.	
Раздел 5	Масс-спектрометрия и резонансные методы в катализе	5.1	Масс-спектрометры, масс-спектр, принципы работы масс-спектрометров и возможности их применения. Определение структуры молекулы по химическим сдвигам и спин-спиновым расщеплениям в спектрах ЯМР.	Рассмотрены принципы работы масс-спектрометров, характеристики масс-спектров и возможности их применения, а также основы интерпретации спектров ЯМР по химическим сдвигам и спин-спиновым расщеплениям. Масс-спектрометры разделяют ионизированные молекулы по отношению масса/заряд (m/z). Основные узлы: источник ионов, масс-анализатор (квадрупольный, времяпролетный, магнитный, ионная ловушка) и детектор. Масс-спектр представляет собой зависимость интенсивности ионного тока от m/z . Метод позволяет определять молекулярную массу, элементный состав, изотопное соотношение и структуру соединений, а также проводить количественный анализ. В ЯМР-спектроскопии химический сдвиг (δ) обусловлен экранированием ядер электронной оболочкой и зависит от химического окружения. Спин-спиновое расщепление (J -связь) проявляется в мультиплетности сигналов и определяется числом соседних неэквивалентных ядер (правило $n+1$). Совокупность этих параметров позволяет однозначно устанавливать структуру	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				органических молекул, включая конфигурацию и конформацию.	
		5.2	Структура спектров ЭПР. Дифракционные методы, их особенности и возможности для изучения систем адсорбат-адсорбент.	Рассмотрены структура спектров ЭПР, а также особенности и возможности дифракционных методов для изучения систем адсорбат-адсорбент. Спектры ЭПР возникают при резонансном поглощении СВЧ-излучения парамагнитными центрами (неспаренные электроны, радикалы, ионы переходных металлов, дефекты решетки). Основные параметры: g-фактор (химическое окружение), сверхтонкая структура (взаимодействие с магнитными ядрами), ширина линии (релаксационные процессы, обменные взаимодействия). ЭПР позволяет идентифицировать адсорбированные радикалы, изучать природу активных центров и механизмы катализа. Дифракционные методы (рентгеновская дифракция — XRD, нейтронография, электронография) исследуют дальний порядок в кристаллических адсорбентах. Особенности: XRD — анализ фазового состава, параметров решетки, размера кристаллитов; нейтронография — чувствительна к легким атомам (водород, кислород) и магнитной структуре; электронография — для тонких пленок. Возможности: определение структурных изменений адсорбента, локализации адсорбата в порах, изучение механизмов адсорбции и фазовых переходов <i>in situ</i> .	ЛК, ЛР
Раздел 6	Определения поверхности методом адсорбции специфических и не специфических абсорбатов	6.1	Определения поверхности методом адсорбции специфических и не специфических абсорбатов.	Рассмотрены методы определения удельной поверхности твердых тел, основанные на адсорбции специфических и неспецифических адсорбатов. Неспецифическая физическая адсорбция (обычно азота при 77 К) описывается теорией БЭТ (Брунауэра-Эммета-Теллера). По изотерме адсорбции рассчитывают мономолекулярную емкость и удельную поверхность. Метод применим для микропористых, мезопористых и непористых материалов, является стандартным. Специфическая (химическая) адсорбция предполагает образование поверхностных комплексов. Используют молекулярные зонды (пиридин, CO, NH ₃ , H ₂ , O ₂) для оценки поверхностных кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств. Метод позволяет определять концентрацию активных центров катализаторов, их	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				силу и распределение. Термопрограммированная десорбция (ТПД) специфически адсорбированных молекул дает информацию об энергии связи и гетерогенности поверхности. Комбинация подходов обеспечивает полную характеристику адсорбционной способности и реакционной способности поверхности каталитических систем.	
		6.2	Определение удельной поверхности, распределения пор по размерам, а также формы и объема пор.	Рассмотрены методы определения удельной поверхности, распределения пор по размерам, формы и объема пор в пористых материалах. Удельную поверхность рассчитывают по изотермам низкотемпературной адсорбции азота (метод БЭТ) или аргона. Распределение пор по размерам в мезопористых материалах (2–50 нм) определяют с использованием моделей Барретта-Джойнера-Халенды (BJH) по десорбционной ветви изотермы. Для микропористых материалов (<2 нм) применяют методы Хорвата-Кавазое, NLDFT (нелокальная теория функционала плотности) или t-метод. Общий объем пор рассчитывают по величине адсорбции при относительном давлении, близком к единице. Форму пор (цилиндрические, щелевидные, сферические) оценивают по типу гистерезиса на изотерме: Н1 — цилиндрические открытые, Н2 — «бутылочные», Н3 — щелевидные, Н4 — микропоры. Дополнительные методы: ртутная порометрия (для макропор), малоугловое рентгеновское рассеяние, электронная микроскопия. Комплексная характеристика необходима для катализа, адсорбции, мембранной технологии и материаловедения.	ЛК, ЛР
		6.3	Использования различных подходов в качественном, структурном и количественных анализах пор каталитических систем.	Рассмотрены различные подходы к качественному, структурному и количественному анализу пор каталитических систем. Качественный анализ включает визуальную оценку типа изотерм адсорбции-десорбции и петель гистерезиса, что позволяет идентифицировать форму пор (цилиндрические, щелевидные, бутылочные). Структурный анализ базируется на применении моделей NLDFT и QSDFT, учитывающих неидеальность поровой геометрии и поверхностную неоднородность, а также на данных малоуглового рентгеновского рассеяния. Количественный анализ	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				предусматривает расчет удельной поверхности (метод БЭТ), распределения пор по размерам (методы ВЛН, НК, SF), общего объема пор и средней ширины пор. Для иерархических систем проводят разделение вкладов микропор и мезопор. Дополнительно используют ртутную порометрию для макропор и импульсную ЯМР-спектроскопию для оценки связанности пор. Комплексование подходов позволяет полностью охарактеризовать пористую структуру, что критически важно для прогнозирования транспортных и каталитических свойств систем.	
		6.4	Экспериментальные методы определения кислотности поверхности.	Рассмотрены экспериментальные методы определения кислотности поверхности твердых тел (катализаторов, адсорбентов, носителей). Кислотность характеризуется природой (Бренстеда или Льюиса), концентрацией и силой кислотных центров. Основные методы: 1) Титриметрический метод с индикаторами (Гамметта) — позволяет определять общую кислотность и функцию Гамметта (Ню) для оценки силы центров. 2) Термопрограммированная десорбция (ТПД) аммиака или пиридина — дает распределение центров по энергии связи, количественную оценку концентрации. 3) ИК-спектроскопия адсорбированных зондов (пиридин, СО, CD ₃ CN) — дифференцирует центры Бренстеда (полоса ~1540 см ⁻¹ для пиридина) и Льюиса (~1450 см ⁻¹). 4) Калориметрия адсорбции — измеряет дифференциальные теплоты адсорбции зонда, что позволяет оценивать распределение центров по силе. 5) ЯМР на ядрах адсорбированных зондов (например, ³¹ P-ТМПО) — для сверхсильных кислот. Комбинация методов дает полную характеристику кислотных свойств поверхности, определяющих каталитическую активность в процессах крекинга, алкилирования и изомеризации.	ЛК, ЛР

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Физико-химические основы материаловедения: Учебное пособие / Г. Готтштайн; Под ред. В.П.Зломанова; Пер. с англ. К.Н.Золотовой, Д.О.Чаркина. - М.: БИНОМ, 2016. - 400 с.: ил. - (Лучший зарубежный учебник). - ISBN 978-5-94774-769-0: 400.00.

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1> 34.2 - Г 74

2. Физические методы анализа следов элементов: Пер. с англ. Ю.И.Беляева и Ю.В.Яковлева; Под ред. И.П.Алимарина. - М.: Мир, 1967. - 416 с. - 2.75.

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

Дополнительная литература:

1. Методы исследования гетерогенных равновесий: Учебное пособие для университетов / А.В. Новоселова. - М.: Высшая школа, 1980. - 166 с.: ил. - 0.25.

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

2. Физические методы исследования в химии: Резонансные и электрооптические методы: Учебник для вузов / Л.В. Вилков, Ю.А. Пентин. - М.: Высшая школа, 1989. - 288 с.: ил. - ISBN 5-06-00071-0: 0.95. <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1> 24.4 - В44

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС «Юрайт» <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- Sage <https://journals.sagepub.com/>
- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>
- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- Научометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Физические методы исследования в катализе».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент

Должность, БУП

Подпись

Маркова Екатерина

Борисовна

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой

Должность БУП

Подпись

Чередниченко Александр

Генрихович

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Заведующий кафедрой

Должность, БУП

Подпись

Воскресенский Леонид

Геннадьевич

Фамилия И.О.