

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН
по направлению 04.00.00 «Химия»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАТАЛИЗЕ

Рекомендуется для направления подготовки

04.04.01 «ХИМИЯ»

Направленность программы (профиль)

«ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

1. Цели и задачи дисциплины:

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. Основной 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.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Физические методы исследования в катализе» относится к вариативной части блока 1 модуля 3 учебного плана.

Физико-химические теории и методы исследования каталитических систем используют для решения самого широкого круга современных научных и технических проблем. Понятия и методы, используемые в курсе «Физические методы исследования в катализе» будут применены при выполнении курсовых и дипломных работ по направлению подготовки «химия».

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1.

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Универсальные компетенции			
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Актуальные задачи современной химии Кинетика элементарных реакций Статистическая термодинамика Катализ Термодинамика неравновесных процессов Нанохимия Адсорбция Физико-химия поверхности и хемосорбция Химия окружающей среды Современные проблемы менеджмента в химии Избранные главы квантовой химии НИР	Преддипломная практика
Профессиональные компетенции			
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или	Кинетика элементарных реакций Статистическая термодинамика Катализ Термодинамика неравновесных процессов Нанохимия	Преддипломная практика

смежных с химией науках	Адсорбция Физико-химия поверхности и хемосорбция Химия окружающей среды Современные проблемы менеджмента в химии Избранные главы квантовой химии НИР	
М-ПК-2-н Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	Кинетика элементарных реакций Статистическая термодинамика Катализ Термодинамика неравновесных процессов Нанохимия Адсорбция Физико-химия поверхности и хемосорбция Химия окружающей среды Современные проблемы менеджмента в химии Избранные главы квантовой химии НИР	Преддипломная практика

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции

Компетенции	Название компетенции	Составляющие компетенции
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания. УК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям; УК-6.3. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда
ОПК-1	Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения	ОПК-1.1. Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук ОПК-1.2. Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук ОПК-1.3. Использует современные расчетно-теоретические методы химии для решения профессиональных задач
ОПК-2.	Способен анализировать, интерпретировать и	ОПК-2.1. Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их

	обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	ОПК-2.2. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук
ОПК-3.	Способен использовать вычислительные методы и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Использует современные IT-технологии при сборе, анализе и представлении информации химического профиля ОПК-3.2. Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности ОПК-3.3. Использует современные вычислительные методы для обработки данных химического эксперимента, моделирования свойств веществ (материалов) и процессов с их участием
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	М-ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий, М-ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов
М-ПК-2-н	Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	М-ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных М-ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- физические методы исследования и физикохимические методы определения физических величин.
- основные понятия, законы и модели фундаментальных разделов физической химии; основные физико-химические явления, методы их наблюдения и экспериментального исследования
- практические представления о физико-химическом анализе каталитических систем, позволяющие управлять процессами в аппаратуре.
- основы фундаментальных разделов химии; основы аналитической химии (метрологические основы анализа, существо реакций, принципы и области использования химического анализа), перспективы развития наук; роль химического анализа

Уметь:

- осуществлять химический эксперимент по предлагаемой методике. Анализировать и интерпретировать полученные экспериментальные результаты.
- использовать теоретические знания при объяснении результатов экспериментов; правильно соотносить содержание конкретных задач с общими законами физической химии, эффективно применять общие законы физической химии для решения конкретных задач в области физической химии, химической физики и электрохимии; правильно выражать физические идеи, количественно формулировать и решать физико-химические задачи, оценивать порядки физических величин.
- работать на аппаратуре для физико-химического анализа

- применять теоретические знания для решения конкретных задач в химии; пользоваться современными представлениями основных разделов естественных наук для объяснения специфики поведения химических соединений; использовать данные по строению веществ и соединений для изучения их свойств; использовать структурные данные в химическом исследовании.

Владеть:

- техникой эксперимента. Приемами выполнения эксперимента по заданной методике измерения физических величин с заданной точностью
- теоретическим материалом по основным разделам дисциплины в объеме достаточном для идентификации, описания и объяснения физико-химических явлений; теоретическими и экспериментальными методами исследования физико-химических явлений; основными методами решения задач; методологией научного познания.
- навыками использования современной аппаратуры при проведении исследований с целью определения количества вещества по величине аналитического сигнала
- методами и способа синтеза веществ; навыками описания свойств веществ; методологией выбора методов анализа, навыками их применения; методологическими основами анализа; основами теории фундаментальных разделов химии; навыками решения конкретных теоретических и экспериментальных задач.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Модули			
		6			
Аудиторные занятия (всего)	48	48			
В том числе:					
Лекции	32	32			
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	16	16			
Самостоятельная работа (всего)	96	96			
Общая трудоемкость	час	144	144		
	зач. ед.	4	4		

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Общая характеристика и классификация физических методов исследования.	Общая характеристика и классификация физических методов исследования. Прямая и обратная задачи, характеристическое время методов. Возможности физических методов и области их применения
2.	Рентгеноспектральные методы анализа каталитических систем	Определения кристаллической и электронной структуры, состояния поверхности каталитических наносистем до и после катализа. Влияние состава поверхности катализаторов на характер протекающих на ней процессов
3.	Атомно-адсорбционные	Рассматриваются теоретические и практические основы атомно-абсорбционного метода анализа, основные узлы

	методы исследования химического состава катализаторов	атомно-абсорбционных спектрометров, в том числе источники излучения, атомизаторы и др., 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
4.	Применение методов ИК, УФ и видимой спектроскопии в изучении адсорбционно-каталитических систем.	Классификация и отнесение электронных переходов и соответствующих полос в УФ и видимых спектрах. Применение электронных спектров. Применение методов ИК и УФ спектроскопии в анализе, исследовании равновесий и кинетики реакций. Применение методов ИК, УФ и видимой спектроскопии в изучении адсорбционно-каталитических систем.
5	Масс-спектрометрия и резонансные методы в катализе	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. Структура спектров ЭПР. Дифракционные методы, их особенности и возможности для изучения систем адсорбат-адсорбент.
6	Определения поверхности методом адсорбции специфических и не специфических абсорбатов	Определения поверхности методом адсорбции специфических и не специфических абсорбатов. Определение удельной поверхности, распределения пор по размерам, а также формы и объема пор. Использование различных подходов в качественном, структурном и количественных анализах пор каталитических систем. Экспериментальные методы определения кислотности поверхности.

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Лаб. зан.	СРС	Всего час.
1.	Общая характеристика и классификация физических методов исследования.	2		10	12
2.	Рентгеноспектральные методы анализа каталитических систем	4	3	16	23
3.	Атомно-адсорбционные методы исследования химического состава катализаторов	5	4	18	27
4.	Применение методов ИК, УФ и видимой спектроскопии в изучении адсорбционно-каталитических систем.	5	3	18	26
5.	Масс-спектрометрия и резонансные методы в катализе	8	3	16	27
6.	Определения поверхности методом адсорбции специфических и не специфических абсорбатов	8	3	18	29
	Всего	32	16	96	144

6. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)
1.	Рентгеноспектральные методы анализа	Лабораторная работа №1 «РФСА-анализ твердых веществ»	3

	каталитических систем	Лабораторная работа №2 «РФСА-анализ жидкостей»	
2.	Атомно-адсорбционные методы исследования химического состава катализаторов	Лабораторная работа №3 «ААС-ионизация пламенем» Лабораторная работа №4 «ААС-ионизация низкотемпературной горелкой» Лабораторная работа №5 «ААС-ионизация высокотемпературной горелкой»	4
3.	Применение методов ИК, УФ и видимой спектроскопии в изучении адсорбционно-каталитических систем.	Лабораторная работа №6 Применение ИК-спектроскопии в исследовании поверхности катализатора	3
4.	Масс-спектрометрия и резонансные методы в катализе	Лабораторная работа №7 «газовая масс-хроматография»	3
5.	Определения поверхности методом адсорбции специфических и не специфических абсорбатов	Лабораторная работа №8 «определение кислотности поверхности»	3
	Всего		16

7. Практические занятия (семинары) Не предусмотрено учебным планом.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Освоение дисциплины "Физические методы исследований и их применение в катализе " предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
ул. Орджоникидзе, д.3, Научная химическая лаборатория для проведения занятий лабораторного типа, индивидуальных консультаций, научно-учебная лаборатория физической химии: ауд.№ 520	Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: компьютер, Центрифуга TLT T23D, Термостат водный, Хроматограф Цвет, Инфракрасный спектрометр ФТ-02, имеется выход в интернет	Microsoft Windows 7, Код продукта № 00359-ОБМ-8992687-00246
ул. Орджоникидзе, д.3, Лаборатория адсорбции: ауд. №111	Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: компьютер, Хроматографическая установка с пламенно-ионизационным детектором. Вакуумная адсорбционная установка Газовый хроматограф с квадрупольным масс-детектором, пламенно-ионизационным детектором, детектором по теплопроводности, детектором электронного захвата. Каталитическая установка атмосферного давления, Каталитическая установка «Дегидратация спиртов» имеется выход в интернет	Microsoft Windows 7, Код продукта № 00359-ОБМ-8992687-00246 Microsoft Win 10 Домашняя для одного языка, Код продукта № 00327-60000-00000-AA717.
ул. Орджоникидзе, д.3, Лаборатория гетерогенного катализа: ауд.515	Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: компьютер,	Microsoft Windows 7, Код продукта № 00359-ОБМ-8992687-00246

	Хроматограф Кристалл 5000 Хроматограф Кристалл 2000 М Хроматограф Кристалл 5000 Хроматограф Кристалл 2000 М Газометр ГХ-1 Каталитическая установка «синтез Фишера – Тропша» Каталитическая установка «Углекислотная конверсия метана» Термодесорбционная установка, имеется выход в интернет	Microsoft Win 10 Домашняя для одного языка, Код продукта № 00327-60000-00000-AA717.
--	---	---

Все оборудование в лабораториях достаточно современно и соответствует действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных работ.

9. Информационное обеспечение дисциплины

Учебно-научный информационный библиотечный центр РУДН	http://lib.rudn.ru/
ЭБС РУДН	http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web
ЭБС "Университетская библиотека ONLINE"	http://www.biblioclub.ru
Телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС) РУДН	http://esystem.pfur.ru/course/view.php?id=998
Портал фундаментального химического образования России	http://www.chemnet.ru
Научная электронная библиотека eLibrary.ru	http://www.elibrary.ru/defaultx.asp
Химическая энциклопедия	http://www.chemport.ru
ХуМуК: сайт о химии для химиков	www.xumuk.ru
Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:	www.webofscience.com http://www.scopus.com/

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) 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>

б) 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. Методы исследования материалов и процессов:** Учебное пособие для вузов / В.Ю. Конюхов, И.А. Гоголадзе, З.В. Мурга. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Юрайт, 2018. - 226 с. - (Университеты России). - ISBN 978-5-534-05475-0: 459.00.
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>
24.4 - К 65

3. **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

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Лекционные занятия могут проводиться в обычном режиме - преподаватель устно раскрывает тему, студенты записывают основное содержание излагаемого материала. При этом слушателям рекомендуется фиксировать теоретические положения, заслушивать и обсуждать примеры из практики. По ходу изложения лекции студентам разрешается задавать вопросы по изучаемой теме. Для этого студент должен поднять руку. Можно задать вопросы и в конце лекции. Допускается проведение лекций в форме активного диалога. Если лектор применяет мультимедийные средства в виде презентаций, видео, тренингов и т.д., студентам рекомендуется при конспектировании материала с экрана оставлять свободное место на полях для пояснений и комментариев. В целом лекционный материал по дисциплине содержит 6 разделов (их краткое содержание см. в Рабочей программе по дисциплине). По каждой теме предполагается изучение теоретических основ спектральных методов анализа и основных аспектов их практического применения.

Рекомендации по выполнению лабораторного практикума: согласно рабочей программе и календарному плану дисциплины студент в третьем семестре должен выполнить лабораторный практикум по физико-химическим методам анализа, содержащий 8 лабораторных работ и позволяющий студентам получить представление об аналитических операциях, необходимых в практике оптических методов анализа, а также приобрести навыки проведения измерений и обработки экспериментальных результатов. оформить и защитить.

При выполнении лабораторных работ необходимо следовать перечисленным ниже рекомендациям.

1. Прочитать все разделы пособия, касающиеся выполняемой работы.
2. Познакомиться с описанием прибора и порядком работы на нем. Включать прибор следует непосредственно перед проведением измерений.
3. Ознакомиться с ходом выполнения работы, составить краткий конспект.
4. Получить у преподавателя, ведущего занятие, допуск и приступить к выполнению лабораторной работы с соблюдением всех правил техники безопасности согласно соответствующим инструкциям.
5. По окончании работы необходимо отключить все приборы. Привести рабочее место в порядок.
6. Записи в лабораторном журнале рекомендуется делать в следующем порядке: а) название выполняемой лабораторной работы, б) ход анализа, в) условия проведения измерений, г) результаты измерений в виде таблиц и графиков, д) обработка результатов измерений и оценка определяемых величин.
7. Защитить выполненную работу. При подготовке к защите опираться на список вопросов, приведенный после методики выполнения каждой лабораторной работы в соответствующем учебно-методическом пособии.

Рекомендации по ведению самостоятельной работы: посещение лекционных занятий и конспектирование рассматриваемых на них материалов, выполнение лабораторного практикума является недостаточным условием для усвоения необходимых знаний по предмету. Каждый студент должен индивидуально готовиться по темам дисциплины, читая конспекты лекций и рекомендуемую литературу, заучивая базовые определения, классификации, схемы и типологии. Самостоятельная работа позволяет студенту в спокойной обстановке подумать, разобраться с информацией по теме, при необходимости обратиться к справочной литературе. Внимательное чтение и повторение прочитанного

помогает в полном объеме усвоить содержание темы, структурировать знания. Чтобы содержательная информация по дисциплине запоминалась надолго, целесообразно изучать ее поэтапно - по темам и в строгой последовательности. Наилучший результат может быть получен, если студент сочетает выполнение и защиту лабораторного практикума со сдачей соответствующего теоретического материала. В помощь студенту предлагаются учебно-методические пособия, в которых содержатся не только методические рекомендации по выполнению и оформлению лабораторных работ, но и базовые определения и теоретические закономерности физико-химических методов анализа. Сформулированы контрольные вопросы, приведены упражнения, примеры решения типовых и нестандартных задач, способствующие углублению теоретических представлений, а также задачи для самоконтроля. В рабочей программе по предмету указан список основной и дополнительной литературы, которая может быть рекомендована студенту для самостоятельного изучения при подготовке к коллоквиуму, зачету и экзамену. Там же приведен список примерных вопросов.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Физические методы исследования в катализе» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

ст. преподаватель кафедры
физической и коллоидной химии

Е.Б. МАРКОВА

Руководитель программы

Профессор кафедры
органической химии

А.В. ВАРЛАМОВ

Заведующий кафедрой

физической и коллоидной химии

А.Г. ЧЕРЕДНИЧЕНКО