



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра химии

СОГЛАСОВАНА

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

И.о. декана химико-биологического

_____ профессор Саламов А.М.

факультета _____ М.К.Дакиева

« 22 » _____ мая _____ 2024 г.

« 23 » _____ мая _____ 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ХИМИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки /специальность: 04.04.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки: «Физическая химия»

Программа подготовки: магистратура

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Форма обучения: очная

**Магас
2024**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Химическая динамика элементарных процессов, катализ» являются:

- Изучение фундаментальных знаний химической кинетики как науки о скоростях и механизмах химических реакций, основных экспериментальных закономерностях, лежащих в основе теории химической кинетики, общих законах химической кинетики, связи теории химической кинетики с современными технологиями, применяемыми в химической, нефтехимической, газовой промышленности;
- Формирование у магистрантов знаний и умений в решении практических вопросов в области химической кинетики, умение использовать теоретические подходы при разработке новых технологий, а также самостоятельно ставить эксперимент по изучению кинетических характеристик различных систем и уметь проводить численные расчеты кинетических параметров;
- Углубленное изучение физико-химической сущности катализа химических реакций, изучение теорий катализа, изучение различных подходов к анализу механизма и кинетики процессов, протекающих на поверхности катализаторов;
- Изучение особенностей гетерогенного и гомогенного катализа;
- Освоение научных основ подбора и технологии промышленных катализаторов переработки нефти и газа;
- Изучение основных каталитических процессов
- Формирование понятий о современном положении дел в области производства катализаторов и развития промышленности каталитических процессов на базе системных знаний о химической технологии и физической химии, развитие кругозора, обеспечивающий возможность ориентироваться в процессах химической промышленности и подготовить специалистов химиков, умеющих работать в промышленности

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций (трудовых функций):

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ Проведение работ в области химии	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6

26.008 Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий	А	Мониторинг состояния окружающей среды с применением природоохранных биотехнологий	6	Осуществление экологической оценки состояния поднадзорных территорий и возможности применения на них природоохранных биотехнологий	А/01.6	6
				Оценка риска и осуществление мер профилактики возникновения очагов вредных организмов на поднадзорных территориях с применением природоохранных биотехнологий	А/02.6	6
				Разработка маркерных систем и протоколов проведения мониторинга потенциально опасных биообъектов	А/06.6	6
				Составление прогнозных оценок влияния хозяйственной деятельности человека на состояние окружающей среды с применением природоохранных биотехнологий	А/04.6	6

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Химическая динамика элементарных процессов, катализ» относится к базовой части обязательных дисциплин; изучается в 3 семестре.

Дисциплина представляет собой теоретическую основу для изучения последующих курсов химического профиля – физической химии, коллоидной химии, химической технологии, физико-химических методов исследования.

Перечень дисциплин, необходимых для изучения дисциплины: неорганическая химия, химическая технология, физика, математика.

Связь дисциплины «Химическая динамика элементарных процессов, катализ» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения

Таблица 2.1.

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Химическая динамика элементарных процессов»	Семестр
Б1.В.05	Термодинамика и МКТ необратимых процессов	1
Б1.В.09	Термодинамика растворов	1

Б1.В.ДВ.03.01	Основные методы анализа	1
---------------	-------------------------	---

Связь дисциплины «Химическая динамика элементарных процессов, катализ» с последующими дисциплинами и сроки их изучения

Таблица 2.2.

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Химическая динамика элементарных процессов»	Семестр
Б1.О.05	Химическая термодинамика и фазовые равновесия	2
Б1.В.01	Современные проблемы физической химии	3
Б1.В.ДВ.04.01	Химическая кинетика и механизмы химических реакций	3

В результате освоения дисциплины магистрант должен

Знать:

- базовую терминологию, относящуюся к катализу, основные понятия катализа и их математическое выражение;
- основные теории катализа;
- методы исследования свойств промышленных катализаторов;
- физико-химические основы технологий каталитической переработки сырья для нужд региона.

Уметь:

- демонстрировать связь фундаментальных опытов с теориями катализа с помощью известных математических методов;
- моделировать процессы и проводить численные расчеты соответствующих величин в общепринятых системах единиц.

Владеть:

- основами дисциплины для решения практических задач;
- методикой проведения физико-химических исследований;
- современными приборами для физико-химических исследований.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

а) универсальные (УК) – УК-3, УК-6

б) общепрофессиональных (ОПК) - ОПК-1, ОПК-3

в) профессиональных (ПК) - ПК-3.

Таблица 3.1.

**Матрица связи компетенций, формируемых на основе изучения дисциплины
«Химическая динамика элементарных процессов, катализ»
с временными этапами освоения ее содержания**

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен
Универсальные компетенции (УК) и индикаторы их достижения:			
УК-3.	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	<p>УК-3.1. Понимает эффективность использования стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели, определяет свою роль в команде</p> <p>УК-3.2. Понимает особенности поведения выделенных групп людей, с которыми работает /взаимо-действует, учитывает их в своей деятельности (выбор категорий групп людей осуществляется образовательной организацией в зависимости от целей подготовки – по возрастным особенностям, по этническому или религиозному признаку, социально незащищенные слои населения и т.п.)</p> <p>УК-3.3. Прогнозирует результаты (последствия) личных действий и планирует последовательность шагов для достижения заданного результата</p> <p>УК-3.4. Эффективно взаимодействует с другими членами команды, в т.ч. участвует в обмене информацией, знаниями и опытом, презентации результатов работы команды</p>	<p>Знать – методики формирования команд; методы разработки командной стратегии и эффективного руководства коллективами; основные теории лидерства и стили руководства.</p> <p>Уметь – разрабатывать командную стратегию; формулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; применять эффективные стили руководства командой.</p> <p>Владеть – умением анализировать, проектировать и организовывать коммуникации в команде для достижения поставленной цели; методами организации и управления коллективом.</p>

УК-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни	<p>УК-6.1. Применяет знание о своих ресурсах и их пределах (личностных, ситуативных, временных и т.д.), для успешного выполнения порученной работы</p> <p>УК-6.2. Понимает важность планирования перспективных целей собственной деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда</p> <p>УК-6.3. Критически оценивает эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата</p> <p>УК-6.4. Демонстрирует интерес к учебе и использует предоставляемые возможности для приобретения новых знаний и навыков</p>	<p>Знать – современные методики самооценки, самоконтроля и саморазвития, в том числе здоровьесбережения; основные принципы определения приоритетов личностного развития исходя из стратегии карьерного роста и требований рынка труда.</p> <p>Уметь – применять методики самооценки и самоконтроля; определять приоритеты и способы совершенствования собственной деятельности.</p> <p>Владеть – технологиями и навыками определения и реализации приоритетов собственной деятельности и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов саморазвития в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов.</p>
-------------	--	---	---

Общепрофессиональные компетенции (ОПК) и индикаторы их достижения

ОПК-1	Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов,	<p>ОПК-1.1. Приобретает систематические теоретические и практические знания в избранной области химии или смежных наук, анализирует возникающие в процессе научного исследования проблемы с точки зрения современных</p>	<p>Знать – современные достижения науки и инновационные разработки практической деятельности; отечественную и зарубежную научно-техническую</p>
--------------	--	---	--

	<p>программного обеспечения и без данных профессионального назначения</p>	<p>научных теорий, осмысливает и делает обоснованные выводы из научной и учебной литературы. программного обеспечения</p> <p>ОПК-1.2. Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук.</p> <p>ОПК-1.3. Использует современное оборудование, совершенствование программного обеспечения информационных баз производства данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук.</p> <p>ОПК-1.4. Использует современные расчетно-теоретические методы химии для решения профессиональных задач.</p>	<p>информацию в сфере своей профессиональной деятельности.</p> <p>Уметь – пользоваться знаниями фундаментальных наук при проведении исследований и создании новых направлений в своей работе, осуществлять поиск способов и средств, направленных на развитие и совершенствование технологий производства полиграфической продукции, упаковки и изделий, - выпускаемых с использованием полиграфических технологий.</p> <p>Владеть – способностью проводить патентные исследования и участвовать в разработке программ научных исследований в сфере полиграфического и упаковочного производства и в смежных областях, использующих полиграфические технологии; подготовки научно-технических отчетов и публикаций по результатам выполненных исследований и разработок; выполнения научно-консультативной и экспертной деятельности.</p>
--	---	---	---

ОПК-3	Способен использовать вычислительные методы и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Использует современные ИТ-технологии при сборе, анализе и представлении информации химического профиля;	Знать: вычислительные методы, программные продукты для решения задач профессиональной деятельности Уметь: использовать стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения научноисследовательских задач в области химии. Владеть: использовать современные ИТ-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.	
ПК-3	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работы в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-3-1. Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными. ПК-3.2. Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	Знать: принципы работы на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований. Уметь: работать на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований, выбирать средства измерений, методику анализа, оценивать уровень загрязнений; анализировать современные материалы

			и средства регистрации информации; делать выбор средств и материалов регистрации информации при проведении научных исследований. Владеть: навыками выбора оптимального метода исследования функциональных материалов в зависимости от объема и целей исследования для решения поставленных задач на основании анализа и сопоставления всей совокупности имеющихся данных.
--	--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Химическая динамика элементарных процессов, катализ»

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

Таблица 4.1.

Вид учебной работы	Всего часов	3 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия	64	64
Лекции	32	32
Лабораторные занятия (ЛЗ)	32	32
Самостоятельная работа студентов (СРС)	53	53
Контроль	27	27

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Таблица 4.2.

	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)									Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)						
			Контактная работа					Самостоятельная работа										
			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Другие виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды самостоятельной работы	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрол. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект) и др.
1.	Введение	3	4	2		2	-	3		2	-	3	-	-		-	-	-
2.	Основные понятия и законы химической кинетики	3	8	4		4	-	8		4	-	-	3	-	-	-	-	-
3.	Кинетический анализ простых и сложных реакций	3	12	6		6	-	10		4	-	-	3	-	-	-	-	-
4.	Цепные реакции	3	8	4		4	-	6		4	-	-	3	-	-	-	-	-
5.	Теории химической кинетики	3	12	6		6	-	10		4	-	3	-	-	-	-	-	-
6.	Фотохимические реакции.	3	8	4		4	-	6		4	-	3	-	-	-	-	-	-
7.	Катализ	3	12	6		6	-	10		5	-	3	3	-	-	-	-	-
	Итого:		64	32		32		53		27								

4.2. Содержание дисциплины

В разделе 4.2. программы учебной дисциплины «Химическая динамика элементарных процессов» приводятся краткие аннотации структурных единиц материала дисциплины. Содержание дисциплины структурируется по разделам, темам или модулям и раскрывается в аннотациях рабочей программы с достаточной полнотой, чтобы обучающиеся могли изучать материал самостоятельно, опираясь на программу.

Темы учебных занятий (общая трудоемкость учебной дисциплины 4 зачетные единицы)

Таблица 4.3.

Раздел, тема	Содержание программы учебной дисциплины
--------------	---

Раздел 1.	<p>ВВЕДЕНИЕ</p> <p>Химическая кинетика - наука о скоростях и механизмах химических реакций. Несоответствие механизмов реакций и их стехиометрических уравнений. Механизм разложения N_2O, N_2O_5, синтеза HBr и HI.</p>
Раздел 2.	<p>ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ.</p> <p>Тема 1. Основные понятия и законы химической кинетики. Определение скорости химической реакции. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Определение константы скорости и порядка реакции. Реакции переменного порядка и изменение порядка в ходе реакции на примере реакции образования HBr. Молекулярность элементарных реакций.</p> <p>Тема 2. Кинетический закон действия масс и область его применимости. Составление кинетических уравнений для известного механизма реакции. Прямая и обратная задачи химической кинетики. Зависимость константы скорости от температуры. Уравнение Аррениуса. “Эффективная” и “истинная” энергии активации.</p>
Раздел 3.	<p>КИНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ РЕАКЦИЙ.</p> <p>Тема 1. Необратимые реакции первого, второго и третьего порядков. Определение констант скорости из опытных данных. Методы определения порядка реакции и вида кинетического уравнения.</p> <p>Тема 2. Сложные реакции. Принцип независимости элементарных стадий. Методы составления кинетических уравнений. Обратимые реакции первого порядка. Определение элементарных констант из опытных данных. Параллельные реакции. Последовательные реакции на примере двух необратимых реакций первого порядка. Кинетические кривые накопления отдельных продуктов.</p> <p>Тема 3. Кинетический анализ процессов, протекающих через образование промежуточных продуктов. Принцип квазистационарности Боденштейна и область его применимости.</p>
Раздел 4.	<p>ЦЕПНЫЕ РЕАКЦИИ</p> <p>Тема 1. Элементарные процессы возникновения, продолжения, разветвления и обрыва цепей. Длина цепи. Различные методы расчета скорости неразветвленных цепных реакций. Применение метода стационарности для составления кинетических уравнений неразветвленных цепных реакций на примере образования HBr.</p> <p>Тема 2 Разветвленные цепные реакции. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Предельные явления в разветвленных цепных реакциях на примере реакции окисления водорода. Полуостров воспламенения. Период индукции. Зависимость скорости реакции на нижнем пределе воспламенения от диаметра сосуда и природы его поверхности. Применение метода квазистационарных концентраций для описания предельных явлений в окрестностях первого и второго пределов воспламенения. Тепловой взрыв и условия воспламенения на третьем</p>

	пределе.
Раздел 5	<p>ТЕОРИИ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ</p> <p>Тема 1. Теория соударений. Упругие, неупругие, химические соударения. Общее число столкновений. Множитель Больцмана. Число активных столкновений. Стерический фактор. Теоретический расчет константы скорости бимолекулярной реакции. Применение теории соударений к бимолекулярным реакциям. Теория соударений в применении к мономолекулярным реакциям. Схема Линдемана и ее сопоставление с опытными данными. Причины неточности схемы Линдемана. <i>Поправки Хиншельвуда и Касселя. Понятие о теории РРКМ.</i></p> <p>Тема 2 Элементарные акты химических реакций и физический смысл энергии активации. Поверхность потенциальной энергии для взаимодействия трех атомов водорода. Сопоставление результатов приближенных и точных расчетов поверхности потенциальной энергии для этой системы.</p> <p>Тема 3 Теория переходного состояния (активированного комплекса). Свойства активированного комплекса. Статистический расчет константы скорости. Основные допущения теории активированного комплекса и область его применимости. Трансмиссионный коэффициент.</p> <p>Тема 4 Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Энтропия активации. Соотношения между опытной и истинной энергией активации. Объяснение “повышенных” и “заниженных” значений предэкспоненциального множителя.</p> <p>Тема 5 Бимолекулярные реакции. Теория активированного комплекса в применении к бимолекулярным реакциям различного типа. Теория соударений в применении к бимолекулярным реакциям. Сопоставление результатов теории соударений и теории активированного комплекса.</p> <p>Тема 6. Тримолекулярные реакции. Применение теории активированного комплекса для описания тримолекулярных реакций с участием оксида азота. Теория соударений в применении к тримолекулярным реакциям. Сопоставление результатов обеих теорий.</p>
Раздел 6.	<p>ФОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ</p> <p>Тема 1. Элементарные фотохимические процессы. Фотохимические активные частицы. Эксимеры, эксиплексы и их свойства. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход. Закон фотохимической эквивалентности Эйнштейна. Определение кинетических постоянных фотохимических реакций методом стационарных концентраций.</p>

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются традиционные образовательные технологии (лекции, семинары, практические работы) и активные инновационные образовательные технологии:

1. Семинар в диалоговом режиме применяется в основном при обсуждении выступлений магистрантов с докладами (рефератами)
2. Групповой разбор результатов контрольных работ
3. Встречи с сотрудниками и руководителями профильных лабораторий и предприятий - потенциальными работодателями выпускников.

В целом при изучении курса активные и интерактивные формы проведения занятий составляют не менее 30% аудиторных занятий.

4. Активные и интерактивные формы проведения учебных занятий по дисциплине

Таблица 5.1.

№	Семе-стр	Тема программы дисциплины	Применяемые технологии	Кол-во аудит. часов
1.	3	Введение	Интерактивная лекция.	4
2.	3	Основные понятия и законы химической кинетики	Лекция с презентацией	3
3.	3	Кинетический анализ простых и сложных реакций	Лекция с презентацией	5
4.	3	Цепные реакции	Лекция с презентацией	5
5.	3	Теории химической кинетики	Лекция с презентацией	6
6.	3	Фотохимические реакции	Лекция с презентацией	3
7.	3	Катализ	Лекция с презентацией	3

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистрантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы магистрантов

Таблица 6.1.

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Введение	Собеседование	Механизм разложения N_2O , N_2O_5 , синтеза HBr и HI .	1,2	3
2.	Основные понятия и законы химической кинетики	Собеседование	Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Определение константы скорости и порядка реакции. Реакции переменного порядка и изменение порядка в ходе реакции на примере реакции образования HBr . Молекулярность элементарных реакций.	1,2	8

3.	Кинетический анализ простых и сложных реакций	Собеседование	Кинетический анализ процессов, протекающих через образование промежуточных продуктов. Принцип квазистационарности Боденштейна и область его применимости.	1,2	10
4.	Цепные реакции	Собеседование	Применение метода квазистационарных концентраций для описания предельных явлений в окрестностях первого и второго пределов воспламенения. Тепловой взрыв и условия воспламенения на третьем пределе	1,2	6
5.	Теории химической кинетики	Собеседование	Теория соударений в применении к молекулярным реакциям. Метод сопоставления с опытом. Причины неточности метода. Поправки Хиншельвуда и Казанова о теории РРКМ. Термодинамический аспект теории переходного комплекса. Энтальпия активации. Соотношения между опытом и теорией.	3	10
6.	Фотохимические реакции	Собеседование	Закон фотохимической эквивалентности Эйнштейна. Определение кинетических постоянных фотохимических реакций методом стационарных концентраций.	4,5,6	6
7.	Катализ	тесты	Каталитическое окисление этанола с помощью комплексов палладия. Ферментативный катализ. Сравнение кинетических и механистических данных для ферментативных реакций. Применение метода стационарности для вычисления скорости гомогенной каталитической реакции с участием катализатора. Уравнение Михаэлиса — Ментен для описания кинетических данных.	4,5,6	10

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы магистрантов

Учебным планом направления подготовки 04.04.01. Химия по дисциплине «Химическая динамика элементарных процессов, катализ» предусматривается самостоятельная работа магистранта, которая выполняется следующими видами самостоятельной работы: написание контрольной работы по дисциплине, сдача коллоквиума.

6.2.1. Методические рекомендации по подготовке и сдаче коллоквиума

Коллоквиум (в переводе с латинского «беседа, разговор») – форма текущего контроля знаний студентов, которая проводится в виде собеседования преподавателя и магистранта по самостоятельно подготовленной магистрантом теме.

Он применяется для проверки знаний по определенному разделу (или объемной теме) и принятия решения о том, можно ли переходить к изучению нового материала. Коллоквиум —

это беседа с магистрантами, целью которой является выявление уровня овладения новыми знаниями. В отличие от семинара главное на коллоквиуме — это проверка знаний с целью их систематизации.

Целью коллоквиума является формирование у магистранта навыков анализа теоретических проблем на основе самостоятельного изучения учебной и научной литературы.

На коллоквиум выносятся крупные, проблемные, нередко спорные теоретические вопросы. Коллоквиум может проводиться по вопросам, обсуждавшимся на семинарах. Конкретные вопросы для коллоквиума магистрантам не сообщаются, однако заранее формулируются преподавателем. Предполагаемый объем ответа не должен быть большим (примерно 1,5-2 минуты), чтобы преподаватель мог успеть опросить всех магистрантов.

От магистранта требуется:

- владение изученным в ходе учебного процесса материалом, относящимся к рассматриваемой проблеме;
- наличие собственного мнения по обсуждаемым вопросам и умение его аргументировать.

Коллоквиум — это не только форма контроля, но и метод углубления, закрепления знаний магистрантов, так как в ходе собеседования преподаватель разъясняет сложные вопросы, возникающие у студента в процессе изучения данного источника.

Задача коллоквиума добиться глубокого изучения отобранного материала, пробудить у магистранта стремление к чтению дополнительной экономической литературы.

Подготовка к проведению коллоквиума.

Подготовка к коллоквиуму предполагает несколько этапов:

1. Подготовка к коллоквиуму начинается с установочной консультации преподавателя, на которой он разъясняет развернутую тематику проблемы, рекомендует литературу для изучения и объясняет процедуру проведения коллоквиума.

2. Как правило, на самостоятельную подготовку к коллоквиуму магистранту отводится 3–4 недели. Подготовка включает в себя изучение рекомендованной литературы и (по указанию преподавателя) конспектирование важнейших источников.

3. Коллоквиум проводится в форме индивидуальной беседы преподавателя с каждым магистрантом или беседы в небольших группах (3–5 человек).

4. Преподаватель задает несколько кратких конкретных вопросов, позволяющих выяснить степень добросовестности работы с литературой, контролирует конспект. Далее более подробно обсуждается какая-либо сторона проблемы, что позволяет оценить уровень понимания.

6. По итогам коллоквиума выставляется дифференцированная оценка, имеющая большой удельный вес в определении текущей успеваемости магистранта.

Особенности и порядок сдачи коллоквиума. Магистрант может себя считать готовым к сдаче коллоквиума по избранной работе, когда у него есть им лично составленный и обработанный конспект сдаваемой работы, он знает структуру работы в целом, содержание работы в целом или отдельных ее разделов (глав); умеет раскрыть рассматриваемые проблемы и высказать свое отношение к прочитанному и свои сомнения, а также знает, как убедить преподавателя в правоте своих суждений.

Проведение коллоквиума позволяет магистранту приобрести опыт работы над первоисточниками, что в дальнейшем поможет с меньшими затратами времени работать над литературой по курсовой работе и при подготовке к зачету

6.3. Текущий контроль проводится систематически в часы аудиторных занятий или во время аудиторной самостоятельной работы обучающихся. Рубежный контроль проводится с помощью отдельно разработанных оценочных средств. Промежуточный контроль организовывается на основе суммирования данных текущего и рубежного контроля

Критерии оценки промежуточной аттестации в форме экзамена

Таблица 6.3.

Оценка	Характеристика требований к результатам аттестации в форме экзамена
«Отлично»	Теоретическое содержание курса освоено полностью без пробелов, системно и глубоко, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные рабочей учебной программой учебные задания выполнены безупречно, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимуму.
«Хорошо»	Теоретическое содержание курса освоено в целом без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, предусмотренные рабочей учебной программой учебные задания выполнены с отдельными неточностями, качество выполнения большинства заданий оценено числом баллов, близким к максимуму.
«Удовлетворительно»	Теоретическое содержание курса освоено большей частью, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей учебной программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки.
«Неудовлетворительно»	Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые навыки работы не сформированы или сформированы отдельные из них, большинство предусмотренных рабочей учебной программой учебных заданий не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимуму.

6.3.1. Текущий и итоговый контроль успеваемости проводится в форме коллоквиумов.

Примерные вопросы для собеседования *Вариант 1*

1. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения элементарных химических реакций, закон действующих масс.
2. Молекулярность, порядок и константа скорости реакции, уравнение Аррениуса, энергия активации и предэкспоненциальный множитель. Влияние температуры на скорость химических реакций.
3. Связь термодинамики и кинетики. Границы применения уравнения Аррениуса.
4. Опытная энергия активации и ее определение на основе экспериментальных данных.
5. Теория активных столкновений в газе. Число активных столкновений.
6. Теория активированного комплекса. Поверхность потенциальной энергии. Свойства активного комплекса.
7. Сравнение теорий активных столкновений и активированного комплекса для бимолекулярных реакций.
8. Определение катализа. Виды катализа. Основные этапы развития представлений о катализе. Каталитические процессы в природе. Механизм каталитической реакции, каталитический цикл.
9. Активность и стабильность катализаторов. Промоторы и каталитические яды (ингибиторы). Влияние катализаторов на селективность параллельных, последовательных, последовательно-параллельных и других сложных реакций.
10. Адсорбция как стадия гетерогенно-каталитической реакции. Природа адсорбционного взаимодействия. Физическая адсорбция и хемосорбция.
11. Изотермы адсорбции. Теплота адсорбции и ее зависимость от степени заполнения поверхности. Адсорбция простых молекул на поверхности переходных металлов.
12. Неоднородность поверхности. Адсорбционные методы измерения поверхности катализатора

и концентрации каталитически-активных центров. ИК- и УФ-спектроскопия в адсорбции и катализе.

13. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Механизм Ленгмюра-Хиншельвуда

14. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Механизм Ридила-Или.

15. Простейшие типы адсорбционных слоев (Лэнгмюра, Брунауэра -Эммета -Теллера, Фрейндлиха).

16. Мультиплетная теория гетерогенного катализа. Понятие о структурной чувствительности реакций. Реакции гидрирования и гидрогенолиза на сплавах и нанесенных катализаторах. Влияние дисперсности на каталитическую активность.

Вариант 2

1. Кислотный и основной катализ. Механизм кислотного и основного катализа. Количественная характеристика кислотно-основного взаимодействия. Жесткие и мягкие кислоты и основания. Сверхкислоты. Специфический и общий кислотно-основный катализ. Особенности кинетики и механизм.

2. Металлокомплексный катализ. Каталитически-активные комплексы металлов. Примеры механизмов реакций, катализируемых комплексами металлов: гидрирование, окисление, изомеризация.

3. Типы гетерогенных катализаторов. Металлы и сплавы как катализаторы. Корреляция между каталитической активностью металлов и степенью участия d- электронов в образовании металлических связей.

4. Методы приготовления гетерогенных катализаторов: осаждение, пропитка, кристаллизация, золь-гель метод, механохимический метод. Термическая обработка катализаторов. Факторы, определяющие дисперсность активного компонента.

5. Пористая структура катализаторов, способы ее формирования и методы исследования. Ртутная порометрия. Степень использования поверхности пор катализатора. Оптимальная структура пор катализатора.

6. Катализ оксидами переходных металлов. Электронная трактовка хемосорбции и катализа на полупроводниках. Связь каталитической активности с положением уровня Ферми.

7. Гетерогенные катализаторы кислотной природы. Роль бренстедовских и льюисовских кислотных центров в хемосорбции и катализе на оксидах алюминия, кремния и алюмосиликатах.

8. Модифицированные и смешанные оксидные катализаторы. Цеолитные катализаторы, связь их активности с типом цеолита, наличием гидроксильных групп, природой и концентрацией введенных в цеолит ионов. Молекулярно-ситовые свойства цеолитных катализаторов.

9. Области протекания гетерогенно-каталитических реакций, их признаки и методы экспериментального подтверждения.

10. Исследование кинетики гетерогенно-каталитических реакций в периодических, проточных и проточно-циркуляционных реакторах, обработка экспериментальных данных.

11. Строение поверхности твердых тел и его влияние на каталитическую активность. Современные методы исследования структуры и состава поверхностного слоя твердых тел. Методы определения элементного состава катализаторов, спектральные и химические методы.

12. Спектральные и дифракционные методы in-situ в исследовании каталитических реакций.

13. Изотопные методы в исследовании механизма катализа. Кинетический изотопный эффект. Изотопно-меченные соединения. Квантово-химические методы в катализе.

Вариант 3

1. Реакции окисления. Полное и парциальное окисление. Механизм каталитического окисления Марса - ван Кревелена.
2. Получение водорода и синтез-газа каталитической конверсией углеводородов.
3. Синтез аммиака. Термодинамика и механизм процесса. Катализаторы процесса. Структурная чувствительность реакции
4. Синтез Фишера-Тропша. Механизмы процесса (диссоциативный и ассоциативный). Распределение продуктов синтеза по молекулярной массе. Распределение Шульца-Флори. Гидрирование и дегидрирование органических соединений.
5. Окисление неорганических соединений. Получение серной и азотной кислот.
6. Окисление этилена в этиленоксид. Катализатор и механизм процесса по Килти-Захтлеру и Ван Сантену
7. Каталитические процессы в нефтепереработке. Реакция каталитического крекинга: катализаторы, технологическое оформление и механизм процесса.
8. Каталитические процессы в нефтепереработке. Реакция изомеризации линейных алканов: катализаторы, технологическое оформление и механизм процесса.
9. Экологический катализ. Каталитическая нейтрализация выхлопных газов автотранспорта. Реакции и катализаторы. Окисление СО и механизм реакции на Pt и оксидном катализаторах. Окисление углеводородов.
10. Окисление пропилена в акролеин. Катализаторы и механизм процесса. Функции различных компонентов катализатора на примере.

Примерные контрольные вопросы к экзамену

1. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения элементарных химических реакций, закон действующих масс.
2. Молекулярность, порядок и константа скорости реакции, уравнение Аррениуса, энергия активации и предэкспоненциальный множитель. Влияние температуры на скорость химических реакций.
3. Связь термодинамики и кинетики. Границы применения уравнения Аррениуса.
4. Опытная энергия активации и ее определение на основе экспериментальных данных.
5. Теория активных столкновений в газе. Число активных столкновений.
6. Теория активированного комплекса. Поверхность потенциальной энергии. Свойства активного комплекса.
7. Сравнение теорий активных столкновений и активированного комплекса для бимолекулярных реакций.
8. Определение катализа. Виды катализа. Основные этапы развития представлений о катализе. Каталитические процессы в природе. Механизм каталитической реакции, каталитический цикл.
9. Активность и стабильность катализаторов. Промоторы и каталитические яды (ингибиторы). Влияние катализаторов на селективность параллельных, последовательных, последовательно-параллельных и других сложных реакций.
10. Адсорбция как стадия гетерогенно-каталитической реакции. Природа адсорбционного взаимодействия. Физическая адсорбция и хемосорбция.
11. Изотермы адсорбции. Теплота адсорбции и ее зависимость от степени заполнения поверхности. Адсорбция простых молекул на поверхности переходных металлов.
12. Неоднородность поверхности. Адсорбционные методы измерения поверхности катализатора и концентрации каталитически-активных центров. ИК- и УФ-спектроскопия в адсорбции и катализе.
13. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Механизм Ленгмюра-Хиншельвуда
14. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Механизм Ридила-Или
15. Простейшие типы адсорбционных слоев (Ленгмюра, Брунауэра-Эммета-Теллера, Фрейндлиха).
16. Мультиплетная теория гетерогенного катализа. Понятие о структурной чувствительности

- реакций. Реакции гидрирования и гидрогенолиза на сплавах и нанесенных катализаторах. Влияние дисперсности на каталитическую активность.
17. Кислотный и основной катализ. Механизм кислотного и основного катализа. Количественная характеристика кислотно-основного взаимодействия. Жесткие и мягкие кислоты и основания. Сверхкислоты. Специфический и общий кислотно-основный катализ. Особенности кинетики и механизм.
18. Металлокомплексный катализ. Каталитически-активные комплексы металлов. Примеры механизмов реакций, катализируемых комплексами металлов: гидрирование, окисление, изомеризация.
19. Типы гетерогенных катализаторов. Металлы и сплавы как катализаторы. Корреляция между каталитической активностью металлов и степенью участия d- электронов в образовании металлических связей.
20. Методы приготовления гетерогенных катализаторов: осаждение, пропитка, кристаллизация, золь-гель метод, механохимический метод. Термическая обработка катализаторов. Факторы, определяющие дисперсность активного компонента.
21. Пористая структура катализаторов, способы ее формирования и методы исследования. Ртутная порометрия. Степень использования поверхности пор катализатора. Оптимальная структура пор катализатора.
22. Катализ оксидами переходных металлов. Электронная трактовка хемосорбции и катализа на полупроводниках. Связь каталитической активности с положением уровня Ферми.
23. Гетерогенные катализаторы кислотной природы. Роль бренstedовских и льюисовских кислотных центров в хемосорбции и катализе на оксидах алюминия, кремния и алюмосиликатах.
24. Модифицированные и смешанные оксидные катализаторы. Цеолитные катализаторы, связь их активности с типом цеолита, наличием гидроксильных групп, природой и концентрацией введенных в цеолит ионов. Молекулярно-ситовые свойства цеолитных катализаторов.
25. Области протекания гетерогенно-каталитических реакций, их признаки и методы экспериментального подтверждения.
26. Исследование кинетики гетерогенно-каталитических реакций в периодических, проточных и проточно-циркуляционных реакторах, обработка экспериментальных данных.
27. Строение поверхности твердых тел и его влияние на каталитическую активность. Современные методы исследования структуры и состава поверхностного слоя твердых тел. Методы определения элементного состава катализаторов, спектральные и химические методы.
28. Спектральные и дифракционные методы in-situ в исследовании каталитических реакций.
29. Изотопные методы в исследовании механизма катализа. Кинетический изотопный эффект. Изотопно-меченные соединения. Квантово-химические методы в катализе.
30. Реакции окисления. Полное и парциальное окисление. Механизм каталитического окисления Марса - ван Кревелена.
31. Получение водорода и синтез-газа каталитической конверсией углеводородов.
32. Синтез аммиака. Термодинамика и механизм процесса. Катализаторы процесса. Структурная чувствительность реакции
33. Синтез Фишера-Тропша. Механизмы процесса (диссоциативный и ассоциативный). Распределение продуктов синтеза по молекулярной массе. Распределение Шульца-Флори. Гидрирование и дегидрирование органических соединений.
34. Окисление неорганических соединений. Получение серной и азотной кислот.
35. Окисление этилена в этиленоксид. Катализатор и механизм процесса по Килти- Захтлеру и Ван Сантену
36. Каталитические процессы в нефтепереработке. Реакция каталитического крекинга: катализаторы, технологическое оформление и механизм процесса.
37. Каталитические процессы в нефтепереработке. Реакция изомеризации линейных алканов: катализаторы, технологическое оформление и механизм процесса.
38. Экологический катализ. Каталитическая нейтрализация выхлопных газов автотранспорта.

Реакции и катализаторы. Окисление СО и механизм реакции на Pt и оксидном катализаторах. Окисление углеводородов.
39. Окисление пропилена в акролеин. Катализаторы и механизм процесса. Функции различных компонентов катализатора на примере.

Примерные образцы экзаменационных билетов

ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Экзаменационный билет № 1

**По курсу «Химическая динамика элементарных процессов, катализ»
для магистрантов 2 курса направления «Химия»**

Вопросы. 1. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения элементарных химических реакций, закон действующих масс.
2. Типы гетерогенных катализаторов. Металлы и сплавы как катализаторы. Корреляция между каталитической активностью металлов и степенью участия d- электронов в образовании металлических связей.
3. Окисление этилена в этиленоксид. Катализатор и механизм процесса по Килти-Захтлеру и Ван Сантену

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры _____
Зав. кафедрой, профессор А.М.Саламов

ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Экзаменационный билет № 2

**По курсу «Химическая динамика и элементарных процессов, катализ»
для магистрантов 1 курса направления «Химия»**

Вопросы. 1. Теория активированного комплекса. Поверхность потенциальной энергии. Свойства активного комплекса.
2. Катализ оксидами переходных металлов. Электронная трактовка хемосорбции и катализа на полупроводниках. Связь каталитической активности с положением уровня Ферми.
3. Каталитические процессы в нефтепереработке. Реакция каталитического крекинга: катализаторы, технологическое оформление и механизм процесса.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры _____
Зав. кафедрой, профессор А.М.Саламов

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Учебная литература:

а) основная литература:

1. Эммануэль Н.Н., Кноре Д.Г. Курс химической кинетики. М.: Высшая школа. 1974.
2. Физическая химия. Под ред. Краснова К.С. Т.2 М.: Высшая школа. 1995.
2. Лабовиц Л., Аренс Дж. Задачи по физической химии с решениями. М.: Мир. 1972.
3. Корольков Д.В. Теоретическая химия: общие принципы и концепции. М.: Академкнига, 2007

4. Герасимов Я.И. и др. Курс физической химии: в 2т. М.: Химия, 1970, т 2.
5. Еремин Е.Н. Основы химической кинетики: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1976, 374с.
6. Эммануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики: М.: Высшая школа, 1984, 463с.
7. Бенсон С. Основы химической кинетики. М.: Мир, 1964, 603с.
8. Боресков Г.К. Катализ: в 2 ч. Новосибирск: Наука, 1971, ч.1,2.
9. Сокольский Д.В., Друзь В.А. Теория гетерогенного катализа. Алма-Ата: Наука, 1968, 390с.
10. Панченков Г.М., Лебедев В.И. Химическая кинетика и катализ. М: МГУ, 1960.

б) дополнительная литература

1. Даниэльс Ф., Олберти Р. Физическая химия. М.: Мир, 1978г.
2. Курс физической химии. Т.І и Т.ІІ. Под ред. Я.И. Герасимова. М.: Химия, 1973.
3. Практикум по физической химии под редакцией Буданова В.В. и Воробьева Н.К. М.: Химия, 1986.
4. Полторак О.М. Лекции по теории гетерогенного катализа. М.: МГУ, 1968.
5. Киперман С.Л. Введение в кинетику гетерогенных каталитических реакций. М.: Наука, 1964.
6. Байрамов В.М. Химическая кинетика и катализ: Примеры и задачи с решениями

7.2. Интернет-ресурсы

<http://fizrast.ru/sitemap.html>
<http://www.don-agro.ru>
<http://xn-80abucjiibhv9a.xn-plai/>
<http://www.agroxxi.ru/> (РГБ)
<http://elibrary.rsl.ru> Научная электронная библиотека
<http://elibrary.ru/default.asp> Российская национальная библиотека
<http://primo.nl.ru> <http://nbmgu.ru>
 Электронная библиотека Российской государственной библиотеки

7.3. Программное обеспечение

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» как на территории университета, так и вне ее.

Университет обеспечен следующим комплектом лицензионного программного обеспечения.

1. Лицензионное программное обеспечение, используемое в ИнГГУ
 - 1.1. Microsoft Windows 7
 - 1.2. Microsoft Office 2007
 - 1.3. Программный комплекс ММИС “Визуальная Студия Тестирования”

- 1.4. Антивирусное ПО Eset Nod32
- 1.5. Справочно-правовая система «Консультант»
- 1.6. Справочно-правовая система «Гарант»

Наряду с традиционными изданиями студенты и сотрудники имеют возможность пользоваться электронными полнотекстовыми базами данных:

Таблица 7.1.

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru –
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru -
ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА". Электронная библиотека технического вуза	http://polpred.com/news
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	http://www.studentlibrary.ru -
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru –
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	http://e.lanbook.com -
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp -
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru -
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информио»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://www.biblio-online.ru

7.4. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины «Химическая динамика элементарных процессов»

Материально-техническая база университета позволяет обеспечивать качественное проведение теоретических и практических занятий.

Перечень необходимых технических средств обучения, используемых в учебном процессе для освоения дисциплины «Научные основы промышленного катализа»

- компьютерное и мультимедийное оборудование;
- видео- и аудиовизуальные средства обучения и др.

Используемое общее и специализированное учебное оборудование, наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий с перечнем основного лабораторного оборудования, средств измерительной техники приведены в табл. 7.2.

**Перечень технических средств, используемых при осуществлении
образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 7.2.

№ п/п	Перечень основного оборудования
1.	Лаборатория
2.	Центрифуга
3.	Прибор для определения пористости Pascal 140 Evo
4.	Компьютеры (2 шт.)
5.	Микроскопы бинокулярные Микмед 6
6.	Электронные лабораторные весы CASMWP-300H, ЕК-300i
7.	рН-метры
8.	Химические реактивы
9.	Лабораторная посуда (предметные и покровные стекла, препаровальные иглы и др.)
10.	Экспериментальная (промышленная) установка Дуга-4М
11.	Спектрофотометр двухлучевой Specord 210 Plus
12.	Установка У-СТРГ
13.	ИК Фурье-спектрометр «ИнфраЛЮМ ФТ-»
14.	СВЧ-минерализатор «Минотавр-2»
15.	Установка дифференциально-термического и термографического анализа «Термоскан-2»
16.	Спектрометр атомно-абсорбционный «МГА-915»
17.	Мельница лабораторная ЛМ 202
18.	Электрод печь SNOL 7.2./1100
19.	Система капиллярного электрофореза Капель-105
20.	Анализатор жидкости «ФЛЮОРАТ-02-3М»

Рабочая программа дисциплины «Химическая динамика элементарных процессов» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01. Химия (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «13» июля 2017 г. № 655

Программу составила:

к.т.н., профессор кафедры химии

Арчакова Р.Д.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры химии

Протокол заседания № 10 от «21» мая 2024 г.

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом
химико-биологического факультета

Протокол заседания № 10 от «22» мая 2024 г.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой