

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

**ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ:  
И.о проректора по учебной работе  
Ф.Д. Кодзоева  
«30» июня 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.О.01 «Научные основы промышленного катализа»**

Направление подготовки  
**04.04.01 Химия**

Направленность (профиль подготовки)  
**Физическая химия**

Квалификация выпускника  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная**

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями освоения дисциплины «Научные основы промышленного катализа» являются:**

- 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, развить кругозор, 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	A/01.6	6
				Воспитательная деятельность	A/02.6	6
				Развивающая деятельность	A/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

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

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Научные основы промышленного катализа» 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.

Таблица 2.1.

**Связь дисциплины «Научные основы промышленного катализа» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Научные основы промышленного катализа»	Семестр
Б1.В.ОД.5	Термодинамика и МКТ необратимых процессов	1
Б1.В.10	Термодинамика растворов	1
Б1.В.ДВ.4	Основные методы анализа	1

**Связь дисциплины «Научные основы промышленного катализа» с последующими дисциплинами и сроки их изучения**

Таблица 2.2.

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Научные основы промышленного катализа»	Семестр
Б1.О.04	Химическая динамика элементарных процессов, катализ.	3
Б1.В.01	Современные проблемы физической химии	3
Б1.В.ДВ.04.01	Химическая кинетика и механизмы химических реакций	3

**Связь дисциплины «Научные основы промышленного катализа» со смежными дисциплинами**

Таблица 2.3.

Код дисциплины	Дисциплины, смежные с дисциплиной «Научные основы промышленного катализа»	Семестр
Б1.В.01	Современные проблемы физической химии	4
Б1.В.10	Термодинамика растворов	4

**В результате освоения дисциплины магистрант должен**

**Знать:**

– теории катализа, закономерности протекания каталитических процессов; области применения различных катализаторов; основы технологических процессов экологической безопасности; технологию каталитических производств.

**Уметь:**

– использовать полученные знания, современные информационные технологии в самостоятельной и научно-исследовательской работе;  
 - находить и прогнозировать научные основы для разработки новых активных катализаторов; - уметь оценивать эффективность катализаторов;  
 подбирать аппаратуру на основании кинетических данных и скорости процесса;  
 - проводить химико-технологические расчёты.

**Владеть:**

– навыками поиска результатов исследований каталитических процессов в общетеоретических и специализированных журналах;

основами расчёта и подбора оптимального катализатора;  
 -механизмами совершенствования технологического процесса;  
 -основными методами исследования катализаторов.

### 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-2, УК-3

б) общепрофессиональных (ОПК) - ОПК-2; ОПК-4

в) профессиональных (ПК) - ПК-3.

Таблица 3.1.

**Матрица связи компетенций, формируемых на основе изучения дисциплины «Статистическая термодинамика конденсированных систем» с временными этапами освоения ее содержания**

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
<i>Универсальные компетенции (УК) и индикаторы их достижения:</i>			
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<p><b>УК-2-1.</b> Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы, формулируя цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.</p> <p><b>УК-2-2..</b> Способен видеть результат деятельности и планировать последовательность шагов для его достижения. Формирует план-график реализации проекта и план контроля за его выполнением.</p> <p><b>УК-2-3.</b> Организует и координирует работу участников проекта, способствует конструктивному преодолению возникающих разногласий и конфликтов, обеспечивает работу команды необходимыми ресурсами.</p> <p><b>УК-2-4.</b> Представляет публично результаты</p>	<p><b>Знать:</b>          — принципы формирования концепции проекта в рамках обозначенной проблемы;          — основные требования, предъявляемые к проектной работе и критерии оценки результатов проектной деятельности;</p> <p><b>Уметь:</b>          — разрабатывать концепцию проекта обозначенной проблемы, формулируя цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения;          — уметь предвидеть результат деятельности планировать действия для достижения результата;          — прогнозировать проблемные ситуации и риски в проектной деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b>          — навыками составления плана-графика реализации проекта в целом и плана-контроля его выполнения;          — навыками конструктивного разрешения возникающих разногласий и конфликтов.</p>

		<p>проекта (или отдельных его этапов)</p> <p>в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических семинарах и конференциях.</p> <p><b>УК-2-5.</b> Предлагает возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение).</p>	
<b>УК-3.</b>	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	<p><b>УК-3.1.</b> Понимает эффективность использования стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели, определяет свою роль в команде</p> <p><b>УК-3.2.</b> 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><b>УК-3.3.</b> Прогнозирует результаты (последствия) личных действий и планирует последовательность шагов для достижения заданного результата</p> <p><b>УК-3.4.</b> Эффективно взаимодействует с другими членами команды, в т.ч. участвует в обмене информацией, знаниями и опытом, и презентации результатов работы команды</p>	<p><b>Знать</b> – методики формирования команд; методы разработки командной стратегии и эффективного руководства коллективами; основные теории лидерства и стили руководства.</p> <p><b>Уметь</b> – разрабатывать командную стратегию; формулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; применять эффективные стили руководства командой.</p> <p><b>Владеть</b> – умением анализировать, проектировать и организовывать коммуникации в команде для достижения поставленной цели; методами организации и управления коллективом.</p>

<b>ОПК-2</b>	Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	<p><b>ОПК-2.1.</b> Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их</p> <p><b>ОПК-2.2.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук</p>	<p><b>Знать:</b> стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, правила ТБ</p> <p><b>Владеть:</b> базовыми навыками проведения Химического эксперимента и оформления его результатов</p> <p><b>Уметь:</b> проводить простые химические опыты по предлагаемым методикам</p> <p><b>Знать:</b> методы получения, идентификации Исследования веществ (материалов), Стандартные обработки результатов эксперимента</p> <p><b>Владеть:</b> навыками проведения эксперимента и методами обработки его результатов</p> <p><b>Уметь:</b> проводить многостадийный синтез, выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения, обрабатывать результаты эксперимента</p>
<b>ОПК-4</b>	Способен готовить публикации, участвовать в профессиональных дискуссиях, представлять результаты профессиональной деятельности в виде научных и научно-популярных докладов	<p><b>ОПК-4.1.</b> Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезисы доклада, статья, обзор) на русском и английском языке.</p> <p><b>ОПК-4.2.</b> Представляет результаты своей работы в устной форме на русском и английском языке.</p> <p><b>ОПК-4.3.</b> Владеет основными коммуникативными приемами делового общения в профессиональной среде, грамотно и аргументированно излагает свою точку зрения.</p>	<p><b>Знать:</b> основные способы поиска профессиональной информации, основные приемы аналитико-синтетической переработки информации, правила составления аннотации и реферирования общенаучных текстов; не менее 2500 лексических единиц общего и специального характера, из них около 1000-1500 репродуктивно; правила оформления устной монологической и диалоговой речи в ситуациях делового и профессионального общения.</p> <p><b>Уметь:</b> понимать, переводить, реферировать и аннотировать литературу по узкому и широкому профилю специальности; понимать устную (монологическую и диалогическую) профессиональную речь; активно владеть наиболее употребительной грамматикой и основными грамматическими явлениями, характерными для профессиональной речи; выделять главную и второстепенную информацию при чтении адаптированной и оригинальной литературы; оформлять полученную информацию в виде реферата, аннотации, сообщения, доклада; самостоятельно повышать уровень языковой компетенции, грамотно и рационально используя различную справочную литературу, словари и Интернет-ресурсы.</p> <p><b>Владеть:</b> нормативным произношением и ритмом речи; наиболее употребительной грамматикой и основными грамматическими явлениями, характерными для общенаучной речи; навыками устной коммуникации и применять их для общения на темы</p>

			учебного, общенаучного и профессионального общения с учетом норм и правил англоязычного этикета; различными видами чтения адаптированной и оригинальной литературы (просмотровое, поисковое, аналитическое, с целью извлечения конкретной информации).
<b>ПК-3</b>	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работы выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук	<p><b>ПК-3-1.</b> Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет литературными данными</p> <p><b>ПК-3.2.</b> Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов.</p>	<p><b>Знать:</b> принципы работы на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований.</p> <p><b>Уметь:</b> 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.</p> <p><b>Владеть:</b> 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</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Научные основы промышленного катализа».

##### 4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Таблица 4.1.

Вид учебной работы	Всего часов	3 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	72	72
Аудиторные занятия	48	48
Лекции	26	26
лабораторные занятия (ЛЗ)	22	22
Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС)	24	24



**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.	Катализ. Основные положения. Каталитические процессы	3	4	2	2	-	-	2	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-
2.	Ферментативный катализ	3	4	2	2	-	-	2	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-
3.	Кислотно-основной катализ	3	8	4	4	-	-	4	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-
4.	Гетерогенный катализ.	3	6	4	2	-	-	4	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-
5.	Процесс каталитического крекинга	3	6	4	2	-	-	2	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
6.	Процесс каталитического риформинга.	3	4	2	2	-	-	2	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
7.	Каталитическая изомеризация	3	4	2	2	-	-	2	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
8.	Гидрогенизационные процессы.	3	4	2	2	-	-	2	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
9.	Процессы органического синтеза.	3	4	2	2	-	-	2	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
10	Использование и переработка заводских газов	3	4	2	2	-	-	2	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
	Общая трудоемкость , в час		48	26	22	-	-	24	-	-	24	1	-	-	-	-	-	-

#### 4.2. Содержание дисциплины

В разделе 4.2. программы учебной дисциплины «Научные основы промышленного катализа» 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 —2 зачетных единиц**

**Таблица 4.2.**

<b>Раздел, тема</b>	<b>Содержание программы учебной дисциплины</b>
<b>Тема 1.</b>	Катализ. Основные положения. Каталитические процессы. Классификация. Механизмы катализа. Активность катализатора. Теория промежуточных положений. Термодинамические и кинетические аспекты в катализе. Автокатализ, механизмы, кинетика.
<b>Тема 2.</b>	Ферментативный катализ. Общие положения и понятия. Каталитическое действие ферментов. Типы специфичности действия ферментов. Кинетика, способы определения кинетических параметров. Ингибирование ферментативных реакций. .
<b>Тема 3.</b>	Кислотно-основной катализ. Теории кислот и оснований. Классификация типов кислотно-основного катализа. Солевые эффекты в катализе. Реакции в жидкой и газовых средах.
<b>Тема 4.</b>	Гетерогенный катализ. Общие положения. Адсорбционные процессы в катализ. Катализаторы в промышленных процессах. Алюмосиликатные катализаторы. Цеолитные катализаторы.
<b>Тема 5.</b>	Процесс каталитического крекинга. Химические основы процесса Катализаторы и альтернативный механизм процесса. Макрокинетика процесса. Промышленные установки. Сырье и продукты. Основные показатели
<b>Тема 6.</b>	Процесс каталитического риформинга. Химические основы процесса Катализаторы. Коксообразование на катализаторах. Макрокинетика процесса. Промышленные установки. Основные показатели. Сырье и продукты
<b>Тема 7.</b>	Каталитическая изомеризация легких парафинов. Химические основы процесса Макрокинетика процесса. Катализаторы. Промышленные установки. Основные показатели
<b>Тема 8.</b>	Гидрогенизационные процессы. Химические основы процесса Гидроочистка. Гидрокрекинг. Гидрообессеривание. Производство водорода Промышленные установки. Основные показатели
<b>Тема 9.</b>	Процессы органического синтеза. Синтезы на основе окиси углерода, предельных и непредельных углеводородов, ацетилена. Синтез метилового спирта. Производство дивинила, ацетилена и др. продуктов. Технология пластических масс и химических волокон.
<b>Тема10.</b>	Использование и переработка заводских газов. Методы очистки газов. Промышленные установки.

## **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 «Научные основы промышленного катализа»**

**Таблица 5.1.**

<b>№</b>	<b>Семе-стр</b>	<b>Тема программы дисциплины</b>	<b>Применяемые технологии</b>	<b>Кол-во аудит. часов</b>
1.	3	Катализ. Основные положения. Каталитические процессы	Интерактивная лекция.	4
2.	3	Ферментативный катализ	Лекция с презентацией	3
3.	3	Кислотно-основной катализ	Лекция с презентацией	5
4.	3	Гетерогенный катализ.	Лекция с презентацией	5
5.	3	Процесс каталитического крекинга	Лекция с презентацией	6
6.	3	Процесс каталитического риформинга.	Лекция с презентацией	3
7.	3	Каталитическая изомеризация	Лекция с презентацией	3
8.	3	Гидрогенизационные процессы.	Лекция с презентацией	3
9.	3	Процессы органического синтеза.	Лекция с презентацией	3
10	3	Использование и переработка заводских газов	Лекция с презентацией	3

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

**6.1. План самостоятельной работы студентов**

**Таблица 6.1.**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование раздела (темы) дисциплины</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Задание</b>	<b>Рекомендуемая литература</b>	<b>Количество часов</b>
1.	Катализ. Основные положения. Каталитические процессы	Собеседование	Изучить классическую теорию промежуточных соединений. Автокатализ	1,2	2
2.	Ферментативный катализ	Собеседование	Кинетика ферментативных реакций с одним субстратом. Ингибирование	1,2	2
3.	Кислотно-основной катализ	Собеседование	Кинетика реакций кислотно-основного катализа. Солевые эффекты в катализе	1,2	4
4.	Гетерогенный катализ.	Собеседование	Адсорбция и хемосорбция	1,2	4
5.	Процесс каталитического крекинга	Собеседование	Современные установки каталитического крекинга	3	2
6.	Процесс каталитического риформинга.	Собеседование	Химические основы процесса. Коксообразование.	4,5,6	2

7.	Каталитическая изомеризация	Собеседование	Алкилирование изобутана бутиленами	4,5,6	2
8.	Гидрогенизационные процессы.	Собеседование	Гидрокрекинг в промышленности	4,5,6	2
9.	Процессы органического синтеза.	Собеседование	Синтезы на основе ацетилена. Производство химических волокон	4,5,6	2
10	Использование и переработка заводских газов	Собеседование	Современные процессы очистки газов	4,5,6	2

## 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

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

#### **Вопросы к коллоквиуму и зачету:**

#### **Коллоквиум №1,2**

1. Какое место занимает катализ в физической химии?
2. Дайте классические определения терминов «катализ» и «катализатор». Являются ли теплота и свет катализаторами?
3. Сформулируйте современное определение катализа. В чем заключается причина каталитического действия?
4. Каким образом различают каталитические реакции по фазовому составу участников процесса? Приведите примеры. В чем недостаток такой классификации?
5. Существует ли иная классификация каталитических процессов? Ответ поясните.
6. Существует ли стехиометрическое соотношение между количествами используемого катализатора и исходных веществ? Зависит ли скорость гомогенной химической реакции от концентрации катализатора? Если да, то какой эта зависимость имеет вид.
7. Приведите примеры, характеризующие основные типы конкретных механизмов катализа.
8. Что понимают под избирательностью действия катализатора? Приведите примеры для различных катализаторов в гомогенном и гетерогенном катализе.
9. Как Вы понимаете термин: «активный центр» катализатора? Что представляет собой активный центр в ферментативном и гетерогенном катализе?
10. Что является мерой каталитической активности в гомогенном и ферментативном катализе? Каков порядок этой величины в каждом из типов катализа?
11. Какие величины используются для оценки эффективности катализатора в гетерогенном катализе? Какая из величин более точно отражает реальную активность катализатора?
12. В чем различие терминов: «интегральная» и «дифференциальная» селективность? Ответ поясните.
13. Сформулируйте основные положения теории Е.И.Шпитальского. Какая роль отводится в этой теории образованию промежуточного соединения?
14. Приведите различные механизмы каталитических реакций, если в отсутствие катализатора реакции протекают по схемам: а)  $A \rightarrow P$ ; б)  $A+B \rightarrow P$ ; в)  $A+B \rightarrow P_1+P_2$ .
15. В каком случае предлагаемые для объяснения брутто-реакции механизмы являются гипотетическими? Почему?

16. Оказывает ли катализатор влияние на термодинамические условия процесса? Смещает ли он положение равновесия? Может ли катализатор изменить выход продукта? Ответ поясните.
17. Что означает термин «степень компенсации»? Каков порядок величин степени компенсации и энергии активации для реакций: а) с участием радикалов; б) между насыщенными молекулами.
18. Каким образом можно объяснить роль катализатора в увеличении скорости химической реакции?
19. В каких формах может проявляться каталитическое действие в реакционном процессе?
20. Какова роль энтропии активации в каталитической реакции? В каких случаях наблюдают положительные или отрицательные значения энтропии активации в катализе?
21. Существует ли корреляционное соотношение между энтропией и энергией активации? Если да, приведите его.
22. Каким образом может измениться скорость химического процесса при уменьшении активационного барьера в присутствии катализатора: а) на 4 кДж/моль; б) на 40 кДж/моль?
23. В чем заключается явление компенсационного эффекта, наблюдаемого в гомогенном и гетерогенном катализе?
24. Какие каталитические реакции протекают по слитному механизму? В чем его особенности?
25. Приведите примеры стадийного механизма каталитических реакций. В каком из двух механизмов энергии активации каталитических процессов имеют, как правило, более высокие значения? Ответ поясните.

### **Коллоквиум №3 Тема: Кисотно-основной катализ**

1. Какие соединения называются кислотами и основаниями Аррениуса? Приведите примеры.
2. Перечислите недостатки теории электролитической диссоциации.
3. Дайте определения кислот и оснований по Бренстеду. Какие соединения называют сопряженными? В чем заключается отличие протонной теории от теории Аррениуса?
4. Дайте определение и приведите примеры кислот и оснований Льюиса. Каковы недостатки этой теории?
5. Сформулируйте определения кислот и оснований по Усановичу. Приведите примеры.
6. Какой принцип классификации используют в кислотно-основном катализе? Приведите механизмы катализа, характеризующие его различные типы.
7. Какой вид имеет уравнение для кажущейся константы скорости реакции кислотно-основного катализа? Проанализируйте различные случаи катализа ионами гидроксония и гидроксила.
8. Представьте графически зависимость от pH логарифма кажущейся константы скорости реакции кислотно-основного катализа? Проанализируйте различные случаи катализа ионами гидроксония и гидроксила.
9. Укажите механизм процесса и выведите уравнение для общей скорости реакции галогенирования ацетона в кислой среде.
10. Укажите механизм процесса и выведите уравнение для общей скорости реакции иодирования ацетона, катализируемой основаниями.
11. В чем заключается правило Оствальда? На основании каких наблюдений оно было установлено?
12. Дайте определение первичного солевого эффекта и его объяснение.
13. В чем заключается вторичный солевой эффект и объяснение этого эффекта?
14. Выведите уравнение, описывающее зависимость константы скорости реакции от ионной силы раствора, используя уравнение Бренстеда-Бьеррума и первое приближение теории Дебая-Гюккеля.
15. Приведите корреляционное уравнение Бренстеда и поясните смысл входящих в него величин.
16. Покажите, используя теорию активированного комплекса и аппарат термодинамики, возможность получения различных «энергетических» корреляционных соотношений.
17. Приведите корреляционное уравнение Гаммета и поясните смысл каждого из его членов.

18. Какой вид имеет уравнение Тафта? Поясните смысл каждой из входящих в него величин и покажите, каким путем можно найти значение константы реакции,  $\rho^*$ ?
19. Дайте определение терминов: «кислотность среды»,  $h_o$ , «функции кислотности Гаммета,  $H_o$ . Как связаны между собой  $h_o$  и  $[H_3O^+]$ ,  $H_o$  и  $pH$ ? Какие значения может принимать величина  $H_o$ ?
20. Выведите уравнение для описания кинетики специфического кислотного катализа, проанализируйте его и покажите, каким образом можно определить значения входящих в это уравнение констант  $k_2$  и  $k_b$ .
21. Выведите уравнение для описания кинетики специфического основного катализа, проанализируйте его и покажите, каким путем можно найти значения входящих в это уравнение констант.

#### Коллоквиум №4 Тема: Гетерогенный катализ

- 1) Какие реакции называются гетерогенными. Приведите примеры.
- 2) Какое понятие используют для объяснения каталитического действия в гетерогенном катализе? Охарактеризуйте его.
- 3) В чем заключается основа каталитического действия?
- 4) Какие факторы определяют активность гетерогенного катализатора?
- 5) Сформулируйте «правило Борескова» о приблизительном постоянстве удельной каталитической активности веществ.
- 6) По какому принципу классифицируют гетерогенные катализаторы? Какие реакции относятся к процессам: а) окисления-восстановления; б) кислотно-основного типа? Какие катализаторы используются в этих процессах?
- 7) В чем заключается отличие каталитических реакций с твердыми кислотами от аналогичных реакций в растворе?
- 8) Дайте определение цеолитов и характеристику их свойств. Приведите примеры их использования в катализе.
- 9) Приведите примеры промышленных процессов с использованием многокомпонентных и многофазных катализаторов.
- 10) Объясните механизм действия бифункционального катализатора в процессе риформинга бензиновых фракций.
- 11) Какие вещества называются промоторами? Каким образом они оказывают влияние на каталитический процесс?
- 12) Какие вещества называются в катализе ядами? Приведите конкретные примеры воздействия ядов на каталитические процессы.
- 13) Каким образом проводят оценку степени отравления катализатора?
- 14) В чем заключается позитивная роль использования носителя в гетерогенном катализе?
- 15) В чем сходство и различие между физической адсорбцией и хемосорбцией? Какой процесс приводит к каталитическому эффекту?
- 16) Сформулируйте основные положения адсорбционной теории Ленгмюра. В чем заключается кинетический закон действующих поверхностей?
- 17) Приведите кинетический вывод уравнения изотермы Ленгмюра и проанализируйте его.
- 18) Приведите термодинамический вывод уравнения Ленгмюра.
- 19) При каком значении давления степень заполнения поверхности  $\Theta$  равна  $1/2$ , а касательная к начальному участку кривой Ленгмюра достигает значения  $\Theta = 1$ ?
- 20) Покажите, что для определения параметров уравнения Ленгмюра удобно использовать графические способы в следующих координатах: а)  $1/a$ ,  $1/p$ ; б)  $p/a$ ,  $p$ ; в)  $a$ ,  $a/p$ .
- 21) Получите выражение для степени заполнения в случае диссоциативной адсорбции молекулы  $A_2$ .
- 22) Получите аналитическим путем выражения для степеней заполнения при одновременной адсорбции двух газов.
- 23) В чем причина отклонения реальных изотерм от модели «идеального адсорбированного слоя» Ленгмюра?

- 24) Какой вид имеют уравнения для изотерм: а) Генри; б) Фрейндлиха и в) в логарифмической форме?
- 25) Сформулируйте основные допущения теории полимолекулярной адсорбции, проанализируйте уравнение БЭТ, укажите его роль в катализе и пределы применимости.
- 26) Укажите, из каких стадий состоит гетерогенно-каталитическая реакция? Каким образом определяют общую скорость такого процесса.
- 27) Покажите механизм, по которому протекает мономолекулярная гетерогенно-каталитическая реакция. Выведите уравнение для скорости этой реакции и проанализируйте его.
- 28) Какая существует связь между кажущейся энергией активации и истинной для гетерогенной каталитической реакции? Ответ поясните.
- 29) Какой вид имеет связь между кажущейся и истинной энергиями активации в случае адсорбции исходного вещества и продукта реакции?
- 30) В чем заключается механизм Ленгмюра-Гиншельвуда? Получите уравнение для скорости реакции в этом случае и проанализируйте его. Приведите пример реакции, протекающей по данному механизму.
- 31) В чем заключается механизм Или-Ридиля? Получите уравнение для скорости реакции в этом случае. Приведите пример реакции, протекающей по данному механизму.
- 32) Какой прием можно использовать для установления четкого различия между механизмами Ленгмюра-Гиншельвуда и Или-Ридиля?
- 33) Перечислите возможные отличия гетерогенно-каталитических реакций, протекающих в жидкой фазе, от реакций в газовой фазе.
- 34) Какую роль играет термодинамический фактор в объяснении особенностей протекания жидкофазных реакций?
- 35) В чем заключается электрохимический механизм катализа? Для каких процессов он характерен?

#### **Вопросы к зачету:**

1. Катализ. Основные положения. Каталитические процессы.
2. Теория промежуточных положений.
3. Термодинамические и кинетические аспекты в катализе. Автокатализ
4. Ферментативный катализ.
5. Кислотно-основной катализ. Классификация типов кислотно-основного катализа
6. Гетерогенный катализ. Общие положения.
7. Адсорбционные процессы в катализе.
8. Алюмосиликатные катализаторы. Цеолитные катализаторы
9. Процесс каталитического крекинга. Катализаторы.
10. Промышленные установки каталитического крекинга. Основные показатели
11. Процесс каталитического риформинга. Катализаторы. Промышленные установки. Основные показатели
12. Каталитическая изомеризация легких парафинов. Катализаторы. Промышленные установки. Основные показатели
13. Гидрогенизационные процессы. Гидроочистка.
14. Гидрообессеривание. Производство водорода.
15. Процессы органического синтеза. Синтез метилового спирта.
16. Производство дивинила, ацетилена и др. продуктов
17. Использование и переработка заводских газов



## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Учебная литература:**

#### **а) основная литература**

1. Байрамов В.М. Катализ. М.: 2002
2. Боресков. Г.К. Катализ. Новосибирск.: Наука, 1971.
3. Хаджиев С.Н. Каталитический крекинг. М.: Наука, 1976.
4. Амелин А.Г., Малахов А.И., Зубова И.Е., Зайцев В.Н. Общая химическая технология /под редакцией Амелина А.Г./. М.: Химия, 1977.
5. Д.А.Кузнецов. Общая химическая технология. М.: Высшая школа, 1967.
6. Ключников Н.Г. Практические занятия по химической технологии. М.: Высшая школа, 1978.
7. С.Д.Бесков. Технохимические расчеты. М.: Высшая школа, 1966

#### **б) Дополнительная литература**

1. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1982.
2. Лебедев П.Г. Химия и технология основного органического синтеза. М.: Химия, 1981.
3. Авербух А.Я, Тумаркина Е.С. Мухленов И.П. Практикум по общей химической технологии. М.: Высшая школа, 1979.
4. Линчевский Б.В. Металлургия черных металлов. М., 1980.
5. Николаев А.Ф. Синтетические полимеры и пластмассы на их основе. М.: Химия, 1977.

### **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 ИнГУ
  - 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»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a> –
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a> -
ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА". Электронная библиотека технического вуза	<a href="http://polpred.com/news">http://polpred.com/news</a>
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a> -
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a> –
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> -
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academv/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academv/Archives/Index.htm</a>
Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a> -
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a> -
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>
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»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>

#### **7.4. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины «Научные основы промышленного катализа»**

**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.*

<b>№ п/п</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
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.	Электроды SNOL 7.2./1100
19.	Система капиллярного электрофореза Капель-105
20.	Анализатор жидкости «ФЛЮОРАТ-02-3М»

Рабочая программа дисциплины «Научные основы промышленного катализа» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01.Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «13» июля 2017г. № 655 .

Программу составила:

к.т.н., профессор кафедры химии Р.Д. Арчакова  
(должность, Ф.И.О.)

Программа одобрена на заседании кафедры химии  
Протокол № 9 от «20» июня 2022 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом химико-биологического факультета  
Протокол № 10 от «21» июня 2022 года

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета  
Протокол № 10 от «29» июня 2022г.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений**

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