

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
« 16 » _____ июня 2021 г. № 8

Рабочая программа дисциплины

**МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫЙ
КАТАЛИЗ В ОРГАНИЧЕСКОМ И
НЕФТЕХИМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ**

Уровень высшего образования
специалитет

Направление подготовки / специальность
04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия

Направленность образовательной программы
Органическая химия

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2021 год

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

4 июня 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 20__ -20__ учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 20__ -20__ учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 20__ -20__ учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина *«Металлокомплексный катализ в органическом и нефтехимическом синтезе»* относится к вариативной части Блока 1 ОПОП, формируемая участниками образовательных отношений, по направлению подготовки 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (Б1.В.03.ДВ.05.04), является дисциплиной по выбору для освоения студентами очной формы обучения на пятом году обучения в 9 семестре.

Дисциплина дает необходимые представления о таких промышленно важных технологических процессах, как гидрирование, гидроформилирование, карбонилирование, окисление, метатезис, димеризация и полимеризация олефинов и диенов. Дисциплина демонстрирует исключительные возможности катализа на соединениях переходных металлов и способствует формированию целостного восприятия всего блока химических дисциплин, преподаваемых на химическом факультете.

Для освоения дисциплины студенты используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения базовых дисциплин «Органическая химия», «Физическая химия», и дисциплины вариативной части «Химия нефти».

Целью освоения дисциплины «Металлокомплексный катализ в органическом и нефтехимическом синтезе» является:

- обеспечение сформированности компетенций, касающихся современных представлений о металлокомплексном катализе и необходимых для дальнейшей непосредственной работы по специальности в области нефтехимии.

Задачи дисциплины:

- изучение основных аспектов катализа переходными металлами в органическом и нефтехимическом синтезе, ключевых стадий катализа, каталитических циклов;
- изучение механизмов и путей протекания основных реакций органического и нефтехимического синтеза, катализируемых металлсодержащими комплексами;
- формирование навыков написания схем и механизмов основных реакций органического и нефтехимического синтеза, катализируемых металлсодержащими комплексами в общем виде, а также написание данных реакций на конкретных примерах;
- формирование навыков осуществления процессов органического и нефтехимического синтеза под действием металлсодержащих комплексов в соответствии с нормами техники безопасности;
- формирование навыков использования современных компьютерных технологий для обработки экспериментальных данных и оформления результатов, полученных при проведении процессов органического и нефтехимического синтеза под действием металлсодержащих комплексов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1-н. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области органической химии, и/или смежных с химией науках.	ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.	<i>З1:</i> Знать основные методологические приемы подготовки реагентов, анализируемых веществ и оборудования, знать принципы работы современной аппаратуры. <i>У1:</i> Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности необходимые экспериментальные методы синтеза и анализа органических соединений, входящих в состав нефти и нефтепродуктов. <i>В1:</i> Владеть навыками работы на современном оборудовании при проведении научных исследований, методами обработки результатов проводимых экспериментов. <i>Мотивация:</i> приобретение опыта использования современного оборудования при проведении научных исследований в области органического и нефтехимического синтеза, катализируемых металлокомплексными соединениями.	<i>Экзаменационное задание, собеседование, тест, комплект заданий к лабораторным работам, комплект разноуровневых заданий, отчет.</i>
ПК-2-н. Способен проводить информационные исследования в области органической химии и/или смежных с химией науках.	ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных.	<i>З1:</i> Знать основные способы поиска сбора, анализа и обработки первичной информации с использованием современных IT-технологий. <i>У1:</i> Уметь осуществлять корректный поиск требуемой информации по металлокомплексному катализу в органическом и нефтехимическом синтезе. <i>В1:</i> Владеть навыками работы с современными базами данных при изучении дисциплины.	<i>Комплект заданий к лабораторным работам, отчет.</i>

<p>ПК-3-н. Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области органической химии и/или смежных с химией науках.</p>	<p>ПК-3-н-1. Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными</p>	<p><i>З1: Знать</i> основы современных технологий сбора, статистической обработки результатов химических экспериментов и представления экспериментальной информации. <i>У1: Уметь</i> систематизировать и анализировать информацию, полученную в процессе проведения органического и нефтехимического синтеза с участием металлокомплексных катализаторов. <i>В1: Владеть</i> навыками синтеза органических соединений в присутствии металлокомплексных катализаторов и сопоставления, полученных экспериментальных результатов с литературными данными.</p>	<p><i>Экзаменационное задание, собеседование, тест, комплект заданий к лабораторным работам, комплект разноуровневых заданий, отчет.</i></p>
	<p>ПК-3-н-2. Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов.</p>	<p><i>З1: Знать</i> основные понятия, ключевые стадии и механизмы процессов органического и нефтехимического синтеза, катализируемых металлокомплексными соединениями. <i>У1: Уметь</i> определять круг профессиональных задач специфических металлокомплексного катализа в органическом и нефтехимическом синтезе, определять связи между задачами и приоритетные направления их решения. <i>У2: Уметь</i> представлять в общем виде схемы и механизмы основных реакций органического и нефтехимического синтеза, катализируемых металлокомплексными соединениями и определять перспективы практического применения различных катализаторов в нефтехимическом синтезе. <i>В1: Владеть</i> навыками выбора экспериментальных методов синтеза нефтехимических продуктов, катализируемых металлокомплексными соединениями. <i>Мотивация:</i> опыт представления механизмов и выбора конкретных реакций органического и нефтехимического синтеза,</p>	

		катализируемых металлокомплексными соединениями.	
ПК-1-о. Способен организовывать работу коллектива по решению задач НИР в области органической химии, готовить нормативную и отчетную документацию.	ПК-1-о-2. Осуществляет оперативный контроль за выполнением работ и состоянием рабочих мест.	<i>З1: Знать</i> основы современных технологий сбора, обработки, хранения и представления результатов химических экспериментов. <i>У1: Уметь</i> использовать современные компьютерные технологии для обработки и представления результатов химических экспериментов. <i>В1: Владеть</i> навыками представления полученных результатов в виде отчетов с применением современных компьютерных технологий. <i>Мотивация:</i> опыт своевременного написания и предоставления отчетов с применением современных компьютерных технологий.	<i>Комплект заданий к лабораторным работам, отчет.</i>

Окончательное завершение формирования компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины, происходит при прохождении производственных практик и выполнения ВКР.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	9 ЗЕТ
Часов по учебному плану	324
В том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- лабораторные занятия	96
- занятия семинарского типа	96
самостоятельная работа	30
КСРИФ (контроль самостоятельной работы и иной формы)	2
Промежуточная аттестация – экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего		
Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	
Раздел 1. Основные понятия катализа комплексами переходных металлов. Комплексы переходных металлов	28	4	8	12	24	4
Раздел 2. Ключевые стадии в катализе. Понятие о каталитическом цикле	42	10	14	14	38	4
Раздел 3. Гидрирование. Гидросилилирование, гидроцианирование	36	8	12	12	32	4
Раздел 4. Гидроформилирование. Карбонилирование (реакция Реппе)	34	8	12	10	30	4
Раздел 5. Окисление	40	10	14	12	36	4
Раздел 6. Метатезис. Изомеризация алкенов	34	8	12	10	30	4
Раздел 7. Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов. Реакции сопряженных диенов. Олигомеризация диенов. Полимеризация диенов	33	8	12	10	30	3
Раздел 8. Реакции ароматических углеводородов. Гидрирование аренов	39	8	12	16	36	3

КСРИФ (контроль самостоятельной работы и иной формы)	2	-	-	-	-	-
Промежуточная аттестация – экзамен (9 семестр очная форма обучения)	36					
Итого	324	64	96	96	256	30

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках лабораторных и семинарских занятий. К **формам текущего контроля успеваемости** дисциплины относится следующее:

- *письменные ответы на вопросы;*
- *собеседование;*
- *разноуровневые задачи и задания;*
- *выполнение лабораторных работ* по данной дисциплине;
- *оформление отчетов* по темам лабораторных работ.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **комплексного экзамена**.

Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные понятия катализа комплексами переходных металлов. Комплексы переходных металлов

Кинетические и термодинамические аспекты гомогенного катализа. Свободная энергия как термодинамический критерий прохождения реакции. Энергия активации. Кинетическая сущность катализа. Основные термины катализа: активность, избирательность и селективность. Особенности электронного строения переходных металлов. Способность к образованию связей. Классификация лигандов. Типы связей в металлокомплексах. Координация переходных металлов с олефинами, монооксидом углерода, фосфинами, аренами, и т. д. Реакционная способность координированных частиц. Влияние лигандов на активность и селективность металлокомплексного катализатора. транс-эффект, электронный параметр, стерический параметр. Способность к изменению степени окисления и координационного числа.

Раздел 2. Ключевые стадии в катализе. Понятие о каталитическом цикле

Окислительное присоединение и восстановительное элиминирование. Диссоциация лигандов и лигандный обмен. Процесс внедрения, β -элиминирования, σ - π -перегруппировки, реакции координированных лигандов. Основные стадии каталитического цикла. Создание координационной ненасыщенности. Правило «16 и 18 электронов»; координация реагентов. Реакция между координированными молекулами. Регенерация исходных комплексов. Системы с несколькими каталитическими циклами.

Раздел 3. Гидрирование. Гидросилилирование, гидроцианирование

Гидрирование алкенов на комплексах переходных металлов на примере родиевого катализатора Уилкинсона. Механизм реакции гидрирования. Экспериментальные данные, подтверждающие механизм реакции гидрирования. Влияние фосфиновых лигандов на процесс гидрирования. Гидрирование активированных олефинов на ионах цианида кобальта.

Гомолитический механизм присоединения. Предполагаемый механизм этих реакций. Применение комплексов, содержащих σ -связь металл-углерод, в органических синтезах.

Раздел 4. Гидроформилирование. Карбонилирование (реакция Реппе)

Открытие, условия реакции и катализаторы гидроформилирования. Реакция гидроформилирования на немодифицированных кобальтовых катализаторах. Механизм реакции. Распределение изомерных продуктов. Правило Марковникова. Влияние электронных и стерических факторов. Роль давления в процессе гидроформилирования. Побочные продукты реакции. Технологическая схема процесса.

Гидроформилирование на кобальткарбонильных системах, модифицированных третичными фосфинами. Условия реакции, основные продукты, влияние строения и основности фосфиновых лигандов на активность и селективность реакции гидроформилирования. Изменение технологической схемы.

Родиевые катализаторы. Особенности родиевых катализаторов по сравнению с кобальтовыми системами. Изменение условий реакции гидроформилирования при использовании родиевых катализаторов. Влияние концентрации фосфинового лиганда и давления в системе на активность и селективность реакции гидроформилирования. Катализаторы на основе других переходных металлов.

Открытие реакции Реппе, катализаторы, общая схема реакции. Карбонилирование этилена до пропионовой кислоты с использованием карбонила никеля. Условия проведения и реакции Реппе. Возможные продукты реакции.

Раздел 5. Окисление

Гомолитическое и гетеролитическое окисление. Их особенности и различия. Цепной свободнорадикальный механизм автоокисления. Эпоксидирование алкенов. Механизм эпоксидирования с участием молибденсодержащего катализатора. Окисление алкенов на палладиево-медном катализаторе (Ваккер-процесс). Открытие, механизм окисления. Варианты промышленного использования Ваккер-процесса. Получение винилацетата. Окисление бензола, изопропилбензола (получение фенола и ацетона). Окисление ароматических углеводородов в производстве карбоновых кислот.

Раздел 6. Метатезис. Изомеризация алкенов

Реакция метатезиса олефинов. Открытие, применение в промышленности. Каталитические системы для проведения метатезиса. Механизм реакции. Метатезис алкинов. Практическое применение реакции метатезиса. Цис-транс-изомеризация алкенов. Реакции миграции двойных связей.

Раздел 7. Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов. Реакции сопряженных диенов. Олигомеризация диенов. Полимеризация диенов

Димеризация этилена на комплексах никеля. Механизм и продукты димеризации. Олигомеризация и полимеризация алкенов. Катализаторы Циглера-Натта. Полиэтилен. Полипропилен. Атактические, синдиотактические и изотактические полимеры. Строение диеновых лигандов. Тенденция к образованию л-аллильных комплексов. Гидрирование диенов до моноолефинов. Линейная димеризация на комплексах кобальта. Димеризация на системах, содержащих палладий (0). Содимеризация этилена и бутадиена. Циклоолигомеризация диенов. Циклоолигомеризация бутадиена. Работы Вилке. Циклотримеризация. Натуральный каучук. Пути создания синтетического каучука. Изомерные формы синтетического каучука. Структурная изомеризация. Геометрическая изомеризация. Эквивалентные полидиены.

Раздел 8. Реакции ароматических углеводородов. Гидрирование аренов

Ареновые π -комплексы. Гомогенное гидрирование. Катализаторы гидрирования. Мультиплетная теория катализа.

Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1.	1, 2, 8	Синтез дифенилов по реакции Ульмана в присутствии металлокомплексов
2.	1, 2, 6	Каталитический метатезис алкенов
3.	1, 2, 7	Полимеризация этилена на катализаторах Циглера-Натта
4.	1, 2, 5, 8	Окисление п-ксилола кислородом в присутствии кобальтовых катализаторов
5.	1, 2, 8	Каталитическое кросс-сочетание реактивов Гриньяра с арилгалогенидами
6.	1-3	Синтез катализатора на основе активного оксида алюминия и исследование его каталитических и физико-химических свойств.
7	1, 2, 4	Гидроформилирование алкенов.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов предусматривает подготовку студента в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, а также в домашних условиях (общежитии ННГУ) с использованием рекомендуемой литературы и ресурсов Интернета.

Самостоятельная работа студента заключается:

- в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе (учебников и учебных пособий, дополнительной литературе по изучаемому разделу);
- в подготовке к лекциям, конспектировании текста учебной литературы;
- в освоении разделов, отраженных в программе курса, но не рассмотренных в ходе лекционных занятий;
- в работе со справочниками и словарями;
- в подготовке к дискуссиям, работам в группах и другим активным формам участия в образовательной деятельности;
- в подготовке теоретического материала для сдачи допусков к лабораторным работам;

- в подготовке к лабораторным работам, работе с рекомендуемой литературой по темам работ и с использованием «Интернет» ресурсов;
- в оформлении отчетов по проделанным лабораторным работам, с использованием компьютерных технологий анализа, обработки и представления экспериментальных данных;
- в подготовке к вопросам, разноуровневым задачам и заданиям, сдаче экзамена.

Отчеты по лабораторным работам представляют собой отчетный документ о работе студента в течение семестра. Наличие отчетов, зачитанных преподавателем, ведущего лабораторные занятия, является необходимым условием допуска к сдаче экзамена по дисциплине. Это также один из эффективных методов познания, так как именно в процессе написания отчета студент детально и вдумчиво анализирует технологию органического и нефтехимического синтеза, катализируемого разнообразными металлосодержащими системами, а также механизмы проводимых химических реакций. Отчеты по лабораторным работам представляются в письменном виде, в них приводится цель, краткий теоретический материала по исследуемой проблематике, экспериментальная часть, рисунки и графики, построенные по экспериментальным данным, приводятся расчеты выхода полученных продуктов, формулируется вывод о проделанной работе, указывается список использованной литературы. Самостоятельная подготовка отчетов способствует лучшему усвоению материала, развивает у студентов внимание и наблюдательность и формирует необходимые навыки знания, умения и владения.

Самостоятельная работа студентов обеспечивается учебно-методическими пособиями:

1. Артемов А.Н., Щепалов А.А. Карбонилирование в промышленном органическом синтезе. Учебно-методическое пособие. Н.Новгород: ННГУ, 2012. – 38 с.
2. Щепалов А.А. Каталитические процессы нефтепереработки. Часть I. Каталитический крекинг. Учебно-методическое пособие. Н.Новгород: ННГУ, 2011. – 27 с.
3. Ильичев И.С., Артемов А.Н. Основы нефтехимического синтеза. Руководство к спецпрактикуму по нефтехимическому синтезу для студентов химического факультета. Н.Новгород: ННГУ, 2005.- 37с.
4. Гришин Д.Ф., Гришин И.Д. Контролируемый синтез функциональных полимеров в условиях радикального инициирования и металлокомплексного катализа. Учебно-методическое пособие. Н.Новгород: ННГУ, 2011. – 50 с.
5. Гришин Д.Ф., Гришин И.Д. Современные методы контролируемой радикальной полимеризации для получения новых материалов с заданными свойствами. Учебно-методическое пособие. Н.Новгород: ННГУ, 2010. – 49 с. [Электронный ресурс – http://www.unn.ru/books/met_files/Grishin.pdf].

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме экзамена.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

При изучении дисциплины студенты получают следующие знания, умения и владения в рамках освоения компетенций:

ПК-1-н. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области органической химии, и/или смежных с химией наук.

ПК-2-н. Способен проводить информационные исследования в области органической химии и/или смежных с химией наук.

ПК-3-н. Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области органической химии и/или смежных с химией наук.

ПК-1-о. Способен организовывать работу коллектива по решению задач НИР в области органической химии, готовить нормативную и отчетную документацию.

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде **комплексного экзамена**, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

К экзамену семестре допускаются обучающиеся, выполнившие все лабораторные работы на момент сдачи экзамена, имеющие зачтенные преподавателем, ведущим лабораторные занятия, отчеты по темам лабораторных работ.

Для проведения текущего контроля формирования компетенции используются:

- *письменные ответы на вопросы;*
- *собеседование;*
- *разноуровневые задачи и задания;*
- *выполнение лабораторных работ* по данной дисциплине;
- *оформление отчетов* по темам лабораторных работ.

Требования к оформлению отчета.

Отчет должен содержать:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) краткое теоретическое введение;
- 4) экспериментальную часть, включая основные рисунки используемого оборудования и установок, диаграммы, графи и расчеты по проводимой работе;
- 5) выводы;
- 6) список использованной при выполнении задания литературы.

Отчет должен быть оформлен аккуратно и представляется для проверки на следующее после выполнения работы занятие

Критерии оценки отчета:

Отчет зачтен	Содержание и оформление отчета полностью соответствует требованиям, указанным выше
Отчет не зачтен	Не выполнен хотя бы один пункт из требований, предъявляемых к оформлению отчета, не приведены необходимые химические уравнения, не проведены расчеты, не представлены требуемые графики, диаграммы и рисунки.

Для проведения промежуточного контроля сформированности компетенций используется:

- оценка сформированности знаний, умений и владений компетенций в виде ответа по билету на экзамене и собеседования

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, исчерпывающее и логически строгое изложение всех разделов дисциплины, демонстрация творческого подхода к решению нестандартных заданий. Владение материалом позволяет быстро справиться с видоизмененным заданием. Успешное владение любыми типами задач. Студент активно работал на лабораторных занятиях, имеет высокий средний балл за текущую успеваемость.*
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Твердое знание всех разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения всех задач. Студент активно работал на лабораторных занятиях, имеет высокий средний балл за текущую успеваемость.*
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Знание всех разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения всех расчетных и качественных задач. Студент при ответе допускает небольшие ошибки и неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент активно работал на лабораторных занятиях, имеет высокие оценки за контрольные работы и высокий средний балл за текущую успеваемость.*
Хорошо	В целом хорошая подготовка всех разделов дисциплины с заметными ошибками или недочетами. Владение необходимыми приемами и способами решения основных расчетных и качественных задач. Имеются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на лабораторных занятиях, имеет хорошие оценки за контрольные работы и хороший средний балл за текущую успеваемость.*
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Знание основного содержания разделов дисциплины, но допускаются грубые неточности, неправильные формулировки, наблюдаются нарушения в последовательности изложения материала. При ответах на дополнительные вопросы, студент смог правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент обладает необходимыми приемами и способами решения основных расчетных и качественных задач, но допускает грубые ошибки. Студент посещал лабораторные

	занятия, но имеет низкие оценки за контрольные работы и низкий средний балл за текущую успеваемость. *
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Не знает значительной части основного содержания разделов дисциплины. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Не может решать основные качественные и расчетные задачи. Студент посещал лабораторные занятия, но имеет очень низкие оценки за контрольные работы и низкий средний балл за текущую успеваемость.*
Плохо	Студент отказался отвечать на экзаменационный билет. Не может решать простые расчетные задачи. Студент посещал лабораторные занятия, но имеет очень низкие оценки за контрольные работы и низкий средний балл за текущую успеваемость.*

*информация предоставляется преподавателем, ведущим лабораторные занятия.

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- *письменные ответы на вопросы*;
- *собеседование* на занятиях и экзамене.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- *разноуровневые задачи и задания*;
- *выполнение лабораторных работ* по данной дисциплине;
- *оформление отчетов* по темам лабораторных работ.

5.2.1. Контрольные вопросы к экзамену

Вопрос	Код компетенции
Раздел №1 «Основные понятия катализа комплексами переходных металлов. Комплексы переходных металлов»	ПК-1-н ПК-3-н
1) Основные понятия катализа. Кинетические и термодинамические аспекты гомогенного катализа.	
2) Комплексы переходных металлов. Типы связей металлов с олефинами, окисью углерода, фосфинами. Активация лигандов при координации.	
3) Роль лигандов в катализе. Транс- эффект, электронный параметр, стерический фактор.	ПК-1-н ПК-3-н
Раздел №2 «Ключевые стадии в катализе. Понятие о каталитическом цикле»	

4) Ключевые стадии в катализе. Процессы внедрения, β -элиминирования, σ - π -перегруппировки, окислительного присоединения и восстановительного элиминирования.	
5) Понятие о каталитическом цикле. Правило «16 и 18 электронов». Основные стадии каталитического цикла.	
Раздел №3 «Гидрирование. Гидросилилирование, гидроцианирование»	<i>ПК-1-н ПК-3-н</i>
6) Реакции гидрирования алкенов. Механизм реакции гидрирования. Реакция гидросилилирования.	
Раздел №4 «Гидроформилирование. Карбонилирование (реакция Реппе)»	<i>ПК-1-н ПК-3-н</i>
7) Гидроформилирование на немодифицированных кобальтовых катализаторах. Реакция на модифицированных кобальтовых системах. Родиевые катализаторы.	
8) Карбонилирование алкенов. Получение кислот, сложных эфиров, аминов.	
Раздел №5 «Окисление»	<i>ПК-1-н ПК-3-н</i>
9) Каталитическое окисление алкенов (Ваккер-процесс).	
Раздел №6 «Метатезис. Изомеризация алкенов»	<i>ПК-1-н ПК-3-н</i>
10) Реакция метатезиса. Механизм реакции, практическое применение.	
Раздел №7 «Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов. Реакции сопряженных диенов. Олигомеризация диенов. Полимеризация диенов»	<i>ПК-1-н ПК-3-н</i>
11) Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов на катализаторах Циглера-Натта. Полиэтилен и полипропилен.	
12) Реакции сопряженных диенов. Олигомеризация диенов. Линейная димеризация. Содимеризация этилена с бутадиеном.	
13) Циклоолигомеризация сопряженных диенов. Циклодимеризация бутадиена: основные продукты и предполагаемый механизм. Циклотримеризация.	
14) Полимеризация сопряженных диенов, структуры каучуков. Влияние электронных и стерических факторов на процесс полимеризации. Эквибинарные полидиены.	
Раздел 8. «Реакции ароматических углеводородов. Гидрирование аренов»	<i>ПК-1-н ПК-3-н</i>
15) Реакции ароматических соединений. Гидрирование. Автоокисление ароматических углеводородов в производные	

карбоновых кислот в присутствии органических солей кобальта (II).	
16) Реакция окисления изопропилбензола как метод промышленного синтеза фенола и ацетона. Механизм окисления. Технологическая реализация.	

5.2.2. Лабораторные работы

Примерный перечень вопросов для подготовки к допускам по лабораторным работам для оценки сформированности знаний компетенций
ПК-1-н, ПК-2-н, ПК-3-н, ПК-1-о:

Вопрос	Код компетенции
Работа №1 «Синтез дифенилов по реакции Ульмана в присутствии металлокомплексов»	ПК-1-н ПК-2-н ПК-3-н ПК-1-о
1. Гомосочетание арилгалогенидов или гетерарилгалогенидов по реакции Ульмана в присутствии меди, оксидов и сульфидов меди.	
2. Арилирование фенолов, аминов, амидов (модификация Голдберга), тиофенолов.	
3. Гомосочетание арилгалогенидов в присутствии никеля или палладия.	
4. Реакция Ульмана для гетероциклических соединений.	
5. Механизмы реакции Ульмана.	
6. Зависимость скорости реакции Ульмана от природы галогена (либо другой функциональной группы) в арене.	
7. Ход выполнения лабораторной работы, требования техники безопасности.	
8. Оборудование, используемое при проведении эксперимента, принципы работы, приемы подготовки реагентов и методы анализа синтезируемых веществ.	
9. Способы обработки результатов эксперимента.	
Работа №2 «Каталитический метатезис алкенов»	ПК-1-н ПК-2-н ПК-3-н ПК-1-о
1. Общие схемы реакций метатезиса алкенов и алкинов.	
2. Виды метатезиса.	
3. Предполагаемые механизмы метатезиса алкенов и алкинов.	
4. Характеристика катализаторов Шрока и Граббса.	
5. Кросс-метатезис.	
6. Метатезис с закрытием цикла.	
7. Метатезис с раскрытием цикла.	
8. Метатезисная полимеризация с раскрытием цикла.	
9. Метатезис «алкен -алкин».	
10. Ход выполнения лабораторной работы, требования техники безопасности.	
11. Оборудование, используемое при проведении эксперимента,	

принципы работы, приемы подготовки реагентов и методы анализа синтезируемых веществ.	
12. Способы обработки результатов эксперимента.	
Работа №3 «Полимеризация этилена на катализаторах Циглера-Натта»	
1. Понятие стереоспецифичной полимеризации.	
2. Строение катализаторов Циглера-Натта. Активные центры данных катализаторов.	
3. Возможные механизмы катализа (анионно-координационный, катионно-координационный и радикальный).	
4. Катализаторы Циглера - Натта гетерогенного и гомогенного типа.	
5. Носители для катализаторов Циглера - Натта.	
6. Синтез стереорегулярных полимеров с использованием металлоценсодержащих катализаторов Циглера-Натта.	
7. Ход выполнения лабораторной работы, требования техники безопасности.	
8. Оборудование, используемое при проведении эксперимента, принципы работы, приемы подготовки реагентов и методы анализа синтезируемых веществ.	
9. Способы обработки результатов эксперимента.	
Работа №4 «Окисление п-ксилола кислородом в присутствии кобальтовых катализаторов».	
1. Цепной свободнорадикальный механизм автоокисления.	
2. Инициированное окисление.	
3. Каталитическое окисление в присутствии металлов постоянной валентности.	
4. Каталитическое окисление в присутствии металлов переменной валентности.	
5. Механизм эпоксидирования с участием молибденсодержащего катализатора.	
6. Окисление алкенов на палладиево-медном катализаторе (Ваккер-процесс).	
7. Окисление бензола в малеиновый ангидрид.	
8. Окисление кумола в фенол и ацетон.	
9. Условия окисления п-ксилола кислородом в присутствии ацетата/бензоата кобальта.	
10. Ход выполнения лабораторной работы, требования техники безопасности.	
11. Оборудование, используемое при проведении эксперимента, принципы работы, приемы подготовки реагентов и методы анализа синтезируемых веществ.	
12. Способы обработки результатов эксперимента.	
Работа №5 «Каталитическое кросс-сочетание реактивов Гриньяра с арилгалогенидами»	

ПК-1-н
ПК-2-н
ПК-3-н
ПК-1-о

ПК-1-н
ПК-2-н
ПК-3-н
ПК-1-о

ПК-1-н
ПК-2-н

1. Строение реактивов Гриньяра. Равновесие Шленка.	ПК-3-н ПК-1-о	
2. Методы синтеза реактивов Гриньяра. Особенности синтеза винильных и арильных реактивов Гриньяра.		
3. Магний Рике и способы его получения.		
4. Катализаторы на основе никеля, палладия, кобальта для реакций сочетания реактивов Гриньяра с арилгалогенидами.		
5. Лигандные ограничения в реакциях сочетания реактивов Гриньяра с арилгалогенидами.		
10. Ход выполнения лабораторной работы, требования техники безопасности.		
11. Оборудование, используемое при проведении эксперимента, принципы работы, приемы подготовки реагентов и методы анализа синтезируемых веществ.		
12. Способы обработки результатов эксперимента.		
Работа №6 «Синтез катализатора на основе активного оксида алюминия и исследование его каталитических и физико-химических свойств»		
1. Силикатные, цеолитные катализаторы. Структура и свойства.		ПК-1-н ПК-2-н ПК-3-н ПК-1-о
2. Активные центры поверхности катализаторов. Модели поверхности активных центров оксида алюминия.		
3. Модификация поверхности оксида алюминия.		
4. Центры образования молекулярного водорода в оксидных соединениях алюминия.		
5. Оксид алюминия как носитель катализаторов гидрогенизационных процессов.		
6. Механизмы реакций гидрирования и дегидрирования.		
7. Механизмы реакций обессеривания.		
8. Ход выполнения лабораторной работы, требования техники безопасности.		
9. Оборудование, используемое при проведении эксперимента, принципы работы, приемы подготовки реагентов и методы анализа синтезируемых веществ.		
10. Способы обработки результатов эксперимента.		
Работа №7 «Гидроформилирование алкенов»		ПК-1-н ПК-2-н ПК-3-н ПК-1-о
1. Механизм, условия реакции и катализаторы гидроформилирования.		
2. Реакция гидроформилирования на немодифицированных кобальтовых катализаторах.		
3. Гидроформилирование на кобальткарбонильных системах, модифицированных третичными фосфинами		
4. Родиевые катализаторы. Особенности родиевых катализаторов по сравнению с кобальтовыми системами.		
5. Влияние концентрации фосфинового лиганда и давления в системе на активность и селективность реакции гидроформилирования.		
6. Механизм реакции Реле, возможные продукты.		

7. Ход выполнения лабораторной работы, требования техники безопасности.	
8. Оборудование, используемое при проведении эксперимента, принципы работы, приемы подготовки реагентов и методы анализа синтезируемых веществ.	
9. Способы обработки результатов эксперимента.	

**Этапы выполнения лабораторной работы и написания отчета,
их составные части**

Содержание этапа	Критерии оценивания	Формируемые компетенции
1. Сдача допуска	Письменные ответы на вопросы, собеседование	<i>Компетенции перечислены в перечне вопросов для лабораторных работ (см. выше)</i>
2. Экспериментальная и аналитическая часть	Выполнение лабораторной работы	<i>ПК-1-н ПК-2-н ПК-3-н</i>
3. Представление отчета	Структура отчета	<i>ПК-1-н ПК-2-н ПК-3-н ПК-1-о</i>

5.2.3. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенций ПК-1-н, ПК-3-н

1. Какие вещества получаются из пропилена в реакциях гидроформилирования на немодифицированных кобальтовых катализаторах?

- а) пропиловый спирт
- б) акриловая кислота
- в) смесь масляного и изомасляного альдегидов
- г) бутанол

2. Какой катализатор можно использовать для гидрирования бензола

- а) $K_3[Co(CN)_5]$
- б) Pd/C
- в) $RuCl_2(PPh_3)_3$
- г) Pt/SiO₂

3. Какой катализатор можно использовать в процессе окисления этилена кислородом в водной среде?

- а) H_2PtCl_4
- б) $\text{PdCl}_2/\text{Cu}_2\text{Cl}_2$
- в) $\text{K}_3 [\text{Co}(\text{CN})_5]$
- г) $\text{Na}[\text{Co}(\text{CO})_4]$

4. Окисление какого вещества приводит к образованию фенола и ацетона

- а) мезитилен
- б) нафталин
- в) изопропилбензол
- г) бензилметилкетон

5. Кто из ученых получил Нобелевскую премию по химии за разработку метатезиса.

- а) Р. Вудвард
- б) Р. Грабс
- в) Сузуки
- г) Е. О. Фишер

6. Какие продукты образуются при пропускании смеси пропилена с воздухом или кислородом над серебряным катализатором?

- а) пропиловый спирт
- б) уксусная кислота
- в) диэтиловый эфир
- г) оксид пропилена

7. Назовите самую медленную стадию реакции в каталитическом цикле карбонилирования спиртов

- а) внедрение
- б) восстановительное элиминирование
- в) β -элиминирование
- г) окислительное присоединение

8. Какие вещества являются промоуторами автоокисления *m*-ксилола до терефталевой кислоты?

- а) иод
- б) BF_3
- в) серная кислота
- г) бромид натрия

9. Комплексы какого металла являются катализаторами бутадиена до циклооктатетраена?

- а) кобальта
- б) никеля
- в) родия

г) палладия

10. Укажите значения параметра Н/изо в реакции гидроформилирования на модифицированных кобальтовых катализаторах

- а) 1/1
- б) 1/4
- в) 1/8
- г) 1/12

5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. Напишите в общем виде и прокомментируйте механизм реакции гидрирования алкенов при использовании родиевого катализатора Уилкинсона.
2. Напишите в общем виде и прокомментируйте механизм реакции гидрирования олефинов на ионах цианида кобальта.
3. Напишите в общем виде и прокомментируйте механизм реакции гидроформилирования при использовании немодифицированных кобальтовых катализаторов.
4. Напишите в общем виде и прокомментируйте механизм реакции гидроформилирования при использовании кобальтовых катализаторов, модифицированных третичными фосфинами.
5. Напишите в общем виде и прокомментируйте механизм реакции гидроформилирования при использовании родиевых катализаторов.
6. Напишите в общем виде и прокомментируйте схему реакции Релле при использовании карбонила никеля.
7. Напишите в общем виде и прокомментируйте механизм реакции эпоксицирования алкенов с участием молибденсодержащего катализатора.
8. Напишите в общем виде и прокомментируйте механизм реакции окисления алкенов на палладиево-медном катализаторе (Вакер-процесс).
9. Напишите в общем виде и прокомментируйте механизм реакции метатезиса алкенов при использовании карбеновых комплексов переходных металлов.
10. Напишите в общем виде и прокомментируйте механизм реакции метатезиса алкинов при использовании карбеновых комплексов переходных металлов.
11. Напишите в общем виде и прокомментируйте схему реакции цис-транс-изомеризации алкенов.
12. Напишите в общем виде и прокомментируйте схему реакции миграции двойной связи в алкенах.
13. Напишите в общем виде и прокомментируйте механизм реакции димеризации алкенов на комплексах никеля.
14. Напишите в общем виде и прокомментируйте схему реакции линейной димеризации олефинов на комплексах кобальта.
15. Напишите в общем виде и прокомментируйте схему реакции димеризации олефинов на системах, содержащих нуль-валентный палладий.
16. Напишите в общем виде и прокомментируйте схему реакции циклоолигомеризации диенов.

17. Напишите в общем виде и прокомментируйте схему реакции циклотримеризации.
18. Напишите в общем виде и прокомментируйте схему реакции гомогенного гидрирования аренов.

5.2.5. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3-н

1. Напишите и прокомментируйте реакцию гидрирования алкенов с использованием родиевого катализатора Уилкинсона на примере пропена.
2. Напишите и прокомментируйте реакцию гидрирования активированных алкенов с использованием ионов цианида кобальта на примере акролеина.
3. Напишите и прокомментируйте реакцию гидроформилирования при использовании немодифицированных кобальтовых катализаторов на примере бутена-1.
4. Напишите и прокомментируйте реакцию гидроформилирования при использовании кобальтовых катализаторов, модифицированных третичными фосфинами, на примере пропена.
5. Напишите и прокомментируйте реакцию гидроформилирования при использовании родиевых катализаторов на примере бутена-1.
6. Напишите и прокомментируйте реакцию карбонилирования алкенов при использовании карбонила никеля на примере этилена.
7. Напишите и прокомментируйте реакцию эпексидирования с участием молибденсодержащего катализатора на примере этилена.
8. Напишите и прокомментируйте реакцию окисления алкенов при использовании палладиево-медного катализатора (Вакер-процесс) на примере пропена.
9. Напишите и прокомментируйте реакцию окисления кумола с получением фенола и ацетона.
10. Напишите и прокомментируйте реакцию получения бензойной кислоты на основе бензола.
11. Напишите и прокомментируйте реакцию метатезиса алкенов при использовании карбеновых комплексов переходных металлов на примере пропена-1.
12. Напишите и прокомментируйте реакцию метатезиса алкинов при использовании карбеновых комплексов переходных металлов на примере пропина-1.
13. Напишите и прокомментируйте реакцию димеризации алкенов с использованием комплексов никеля на примере этилена.
14. Напишите и прокомментируйте реакцию линейной димеризации олефинов с использованием комплексов кобальта на примере пропилена.
15. Напишите и прокомментируйте реакцию линейной димеризации олефинов с использованием систем, содержащих нуль-валентный палладий, на примере этилена.
16. Напишите и прокомментируйте реакцию содимеризации этилена и бутадиена.
17. Напишите и прокомментируйте реакцию циклоолигомеризации бутадиена.
18. Напишите и прокомментируйте реакцию гидрирования толуола.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Теоретическая подготовка к промежуточной аттестации может осуществляться по следующим литературным источникам:

6.1. Основная литература:

1. Романовский Б. В. Основы катализа. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 172 с. [4 экземпляра в ФБ ННГУ, электронные ресурсы – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=539570>, <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996327072.html>].
2. Рябов В. Д. Химия нефти и газа: Учебное пособие - 2-е изд., испр. и доп. – М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 336 с. [49 экземпляров в ФБ ННГУ, электронный ресурс – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=423151>].
3. Основы катализа [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. В. Романовский. - Эл. изд. - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 175 с.). -М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.- (Учебник для высшей школы). [Электронный ресурс <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996327072.html>].
4. Реутов, О. А. Органическая химия [Электронный ресурс] : в 4-х ч. Ч. 4 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 3-е изд. (эл.) - М.: Бином. ЛЗ, 2013. - 726 с. [Электронный ресурс <http://znanium.com/bookread2.php?book=502005>].
5. Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия [Электронный ресурс] / К. Эльшенбройх ; пер. с нем. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 746 с. [Электронный ресурс <http://znanium.com/bookread2.php?book=478047>].
6. Органическая химия. Основной курс.: Учебник / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич; Под ред. А.Э. Щербины. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 808 с. . [Электронный ресурс <http://znanium.com/bookread2.php?book=415732>].
7. Щепалов А.А. "Тяжелые нефти, газовые гидраты и другие перспективные источники углеводородного сырья". Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. - 90 с [Электронный ресурс http://www.unn.ru/books/met_files/shchepalov_alternative.pdf].
8. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика. – Долгопрудный: Интеллект, 2010.– 504 с. [4 экземпляра в ФБ ННГУ, электронный ресурс – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=516597>].
9. Трифонов А.А. "Координационные соединения переходных металлов в гомогенном катализе" Электронное учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. – 74 с. [Электронный ресурс http://www.unn.ru/books/met_files/trifonov%20catal.pdf].
10. Фомин В.М. Применение сэндвичевых комплексов переходных металлов в электронике и катализе. Реакции окисления. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Физико-химические основы нанотехнологий». Нижний Новгород, 2007, 73 с. [Электронный ресурс <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/68.pdf>].
11. Гришин Д.Ф., Гришин И.Д. Современные методы контролируемой радикальной полимеризации для получения новых материалов с заданными свойствами. Учебно-методическое пособие. Н.Новгород: ННГУ, 2010. – 49 с. [Электронный ресурс – http://www.unn.ru/books/met_files/Grishin.pdf].
12. Рябов В. Д. Химия нефти и газа: учебник. - М.: Техника : ТУМА ГРУПП, 2004. - 288 с. [28 экземпляров в ФБ ННГУ].
13. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для студентов вузов./Ершов Ю. А., Попков В. А., Берлянд А. С., Книжник А. З. - М.: Высшая школа, 2002. - 560 с. [4 экземпляра в ФБ ННГУ].

6.2. Дополнительная литература:

1. Потехин В. М., Потехин В. В. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. – СПб.: Лань, 2014.– 886 с. [2 экземпляра в ФБ ННГУ].
2. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учеб. для студентов вузов./Ершов Ю. А., Попков В. А., Берлянд А. С., Книжник А. З. - М.: Высшая школа, 2003. - 560 с. [1 экземпляр в ФБ ННГУ].
3. Зимон А. Д., Лещенко Н. Ф. - Физическая химия: учебник для вузов. - М.: Химия, 2000. - 318 с. [1 экземпляр в ФБ ННГУ].
4. Денисов Е. Т., Саркисов О. М., Лихтенштейн Г. И. - Химическая кинетика: учебник для вузов. - М.: Химия, 2000. - 568 с. [2 экземпляра в ФБ ННГУ].

6.3. Интернет-ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» <http://www.studentlibrary.ru>, мобильная версия – <http://m.studentlibrary.ru>
2. Электронно-библиотечная система Znanium.com – www.znaniy.com
3. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ – <http://www.unn.ru/books/resources.html>
4. Электронная библиотека материалов по химии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова – <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/welcome.html>
5. Обзорные и оригинальные статьи в журналах «Успехи химии», «Нефтехимия», «Прикладная химия», «Химическая технология», «Applied catalysis», «Journal of catalysis» и др. [Электронные ресурсы - <http://www.sciencedirect.com>, <http://elibrary.ru>, <http://pubs.acs.org/>, <http://www.springer.com/gp/>, <https://webofknowledge.com/>].

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекции и практические занятия проводятся в специализированных аудиториях факультета и кафедры (417, 415, 127, 127а - 5 корпус), оснащенных мультимедийным оборудованием с доступом в интернет, а также необходимым лабораторным оборудованием. Для самостоятельной подготовки используются компьютеры, расположенные в лабораториях и аудиториях кафедры.

Материально-техническое обеспечение лекционных занятий:

- видеопроектор;
- ноутбук;
- переносной и стационарный экран;
- доска;
- комплект электронных презентаций/слайдов;
- раздаточные материалы для лекций.

Материально-техническое обеспечение лабораторного практикума:

– лаборатории, оснащенные химической посудой, установками для синтеза элементоорганических, органических соединений и высокомолекулярных соединений, ртутными термометрами и реактивами общего и специального назначения, необходимыми для проведения исследования нефти и нефтепродуктов;

– оборудование:

- вытяжные шкафы;
- штативы с лапками и кольцами;
- механические верхнеприводные мешалки;

- сушильный шкаф;
- холодильники;
- вакуумные насосы;
- водоструйные насосы;
- ротационные испарители;
- дистиллятор;
- технические и аналитические весы;
- приборы для определения температур плавления и кипения;
- плитки и колбонагреватели;
- муфельная печь;
- термостаты;
- полупрепаративный жидкостной хроматограф Knauer Smartline 5000 (производитель Knauer, Германия, оснащенный программой для обработки данных);
- газовый хроматограф ЛХМ 80;
- ИК-Фурье-спектрометр (производство ОАО «Люмекс-Сибирь», Россия), оснащенным набором для анализа образцов в KBr, жидкостными кюветами, приставкой внутреннего полного отражения и программой для обработки данных;
- УФ-спектрометр Specord UV (производство Specord, Германия);
- калориметр Setaram DSC-131, оснащенный программой для обработки данных;
- гель-проникающий жидкостный хроматограф Knauer WellChrom (производитель Knauer, Германия), включающий жидкостный насос, термостат колонок, УФ-детектор и рефрактометрический детектор, аналитические колонки на полимеры с ММ=100-108 Да, оснащенный программой для обработки данных;
- ультразвуковой диспергатор УЗД1-0,063/22;
- специализированные термостаты для измерения вязкости нефтепродуктов по ГОСТ 33-2000, вискозиметры ВПЖ-1, ВПЖ-2, ВПЖ-4;
- аппарат для определения термоокислительной стабильности масел АПСМ (производитель «Нефтехимавтоматика», Россия);
- прибор вакуумного фильтрования ПВФ-35/НБ1 (производитель ЗАО «БМТ», Россия) для определения содержания механических примесей по ГОСТ 10577-78;
- прибор для определения температуры вспышки в закрытом тигле ТВЗ-ПХП (Россия) по ГОСТ 6356-75;
- рефрактометры ИРФ - 454Б2М;
- магнитные мешалки BioSan MMS-3000 и другое оборудование.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ. Приказ ННГУ от 13.05.2020г. № 275-ОД «О введении в действие образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»

Авторы:

д.х.н., профессор	_____	Артемов А.Н.
к.х.н., доцент	_____	Колякина Е.В.
к.х.н.	_____	Гришина Н.Ю.

Рецензент:

Руководитель группы «Разработка новых продуктов и технологий» УК БХХ АО «Оргхим»,
к.х.н. _____ Лазарев М.А.

Заведующий кафедрой,

член-корреспондент РАН, д.х.н., профессор _____ Гришин Д.Ф.