

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»

Утверждаю:  
декан естественно-  
географического факультета

  
С.В. Жеглов  
«30» августа 2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫЙ КАТАЛИЗ В ОРГАНИЧЕСКОМ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Уровень основной профессиональной образовательной программы  
Бакалавриат

Направление подготовки 04.03.01 ХИМИЯ

Направленность (профиль) подготовки НЕФТЕХИМИЯ

Форма обучения очная

Сроки освоения ОПОП 4 года

Факультет естественно-географический

Кафедра химии

Рязань 2018

## **ВВОДНАЯ ЧАСТЬ**

### **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения дисциплины “Металлокомплексный катализ в органическом и нефтехимическом синтезе” является формирование компетенций у студентов в области теоретических знаний и практических навыков в области катализа процессов органического и нефтехимического синтеза.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП ВУЗА**

**2.1.** Учебная дисциплина «Металлокомплексный катализ в органическом и нефтехимическом синтезе» относится к вариативной части Блока 1.

**2.2.** Для изучения данной учебной дисциплины необходимо знать, уметь и владеть учебным материалом, формируемым предшествующими дисциплинами:

- Органическая химия
- Химия углеводородов нефти
- Аналитическая химия

**2.3.** Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимо знать, уметь и владеть учебным материалом, формируемым данной учебной дисциплиной:

- ГИА

## 2.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных (ОК) и общепрофессиональных (ОПК) компетенций:

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть (навыками)
1	2	3	4	5	6
1	ОПК-2	владением навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	феноменологию катализа (типы катализаторов и каталитических процессов, их основные характеристики), теоретические представления в области катализа (природа каталитического действия, механизмы каталитических реакций)	собирать и анализировать технологическую и статистическую информацию; планировать научные исследования в области нефтехимии, обрабатывать экспериментальные данные	теоретическими представлениями о катализе комплексами переходных металлов, основами координационной химии, иметь навыки их применения при проведении каталитических реакций.
	ПК-8	Способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач	основные направления использования катализа в нефтехимии.	использовать базовые знания в области естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин для анализа факторов, влияющих на эффективность использования процессов, катализируемых комплексами металлов	современными методами экспериментальных исследований в области нефтехимии, методами синтеза и анализа катализаторов,

## 2.5. Карта компетенций дисциплины.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ ДИСЦИПЛИНЫ					
Металлокомплексный катализ в органическом и нефтехимическом синтезе					
Цель: формирование компетенций студентов в области современных знаний по металлокомплексному катализу, подготовка специалистов пригодных к научно-исследовательской, научно-производственной и проектной деятельности.					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие					
Профессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ	ФОРМУЛИРОВКА	Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС					
ОПК-2	владением навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	Знать: феноменологию катализа (типы катализаторов и каталитических процессов, их основные характеристики), теоретические представления в области катализа (природа каталитического действия, механизмы каталитических реакций) Уметь: собирать и анализировать технологическую и статистическую информацию; планировать научные исследования в области нефтехимии, обрабатывать экспериментальные данные Владеть:	Лекции, лабораторные работы, Электронная презентация	Индивидуальное собеседование Защита лабораторных работ Зачет	<b>ПОРОГОВЫЙ</b> Фрагментарные знания, частично освоенные навыки и умения в области металлокомплексного катализа  <b>ПОВЫШЕННЫЙ</b> Сформированные системные знания; сформированные навыки и умения; их успешная актуализация

		теоретическими представлениями о катализе комплексами переходных металлов, основами координационной химии, иметь навыки их применения при проведении каталитических реакций.			
ПК-8	Способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач	Знать: основные направления использования катализа в нефтехимии. Уметь: использовать базовые знания в области естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин для анализа факторов, влияющих на эффективность использования процессов, катализируемых комплексами металлов Владеть: современными методами экспериментальных исследований в области нефтехимии, методами синтеза и анализа катализаторов.	Лекции, лабораторные работы, Электронная презентация	Индивидуальное собеседование Защита лабораторных работ Зачет	<b>ПОРОГОВЫЙ</b> Фрагментарные знания, частично освоенные навыки и умения в области металлокомплексного катализа  <b>ПОВЫШЕННЫЙ</b> Сформированные системные знания; сформированные навыки и умения; их успешная актуализация

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 1. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7 (часов)
1	2	3
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
В том числе:		
Лекции (Л)	16	16
Лабораторных занятий (ЛР)	16	16
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
В том числе:		
<b>СРС в семестре:</b>		
Подготовка к устному собеседованию по теоретическим разделам	16	16
Подготовка к лабораторным работам	15	15
<b>СРС в период сессии:</b>		
Подготовка к зачету	9	9
<b>Вид промежуточной аттестации - зачет</b>		
<b>ИТОГО: Общая трудоемкость</b>	<b>72 часа</b>	<b>72 часа</b>
	<b>2 зач.ед</b>	<b>2 зач.ед</b>

### 2. Содержание учебной дисциплины

#### 2.1. Содержание разделов учебной дисциплины

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Содержание раздела в дидактических единицах
7	1	Предмет металлокомплексного катализа, его роль в современной промышленности Основные понятия катализа комплексами переходных металлов. Ключевые стадии катализа, понятие о каталитическом цикле.	Основы общей теории механизмов органических реакций. Конкуренция гомолитических и гетеролитических механизмов, цепных и нецепных. Предмет металлокомплексного катализа, его роль в современной промышленности. Основные понятия катализа комплексами 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. Комплексы переходных металлов. 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.

			<p>Ключевые стадии в катализе. Окислительное присоединение и восстановительное элиминирование. Диссоциация лигандов и лигандный обмен. Процесс внедрения, <math>\beta</math>-элиминирования, <math>\sigma</math>-<math>\pi</math>-перегруппировки, реакции координированных лигандов.</p> <p>Понятие о каталитическом цикле. 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.</p>
7	2	<p>Гидрирование алкенов на комплексах переходных металлов. Гидроформилирование алкенов на карбонильных кобальтовых и родиевых катализаторах. Гомолитическое окисление алкенов. Эпоксидирование алкенов. Окисление алкенов на Pd/Cu-катализаторе («Вакер-процесс»). Метатезис алкенов. Механизм реакции. Практическое применение реакции метатезиса. Изомеризация алкенов. Цис-транс-изомеризация. Миграция двойных связей.</p>	<p><i>Металлокомплексные катализаторы в промышленных процессах.</i></p> <p>Гидрирование. Гидрирование алкенов на комплексах переходных металлов на примере родиевого катализатора Уилкинсона. Механизм реакции. Экспериментальные данные, подтверждающие механизм реакции. Влияние фосфиновых лигандов на процесс гидрирования. Гидрирование активированных олефинов на ионах цианида кобальта. Гомолитический механизм присоединения. Гидросилилирование, гидроцианирование. Предполагаемый механизм этих реакций. Применение комплексов, содержащих <math>\sigma</math>-связь металл-углерод, в органических синтезах.</p> <p>Гидроформилирование. Открытие, условия реакции и катализаторы. 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.</p> <p>Родиевые катализаторы. Особенности родиевых катализаторов по сравнению с кобальтовыми системами. Изменение условий реакции. Влияние концентрации фосфинового лиганда и давления в системе на активность и селективность реакции гидроформилирования. Катализаторы на основе других переходных металлов.</p> <p>Карбонилирование (реакция Реппе). Открытие, катализаторы, общая схема реакции. Карбонилирование этилена до пропионовой кислоты с использованием карбонила никеля. Условия проведения процесса. Механизм реакции. Возможные продукты реакции.</p> <p>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,</p>

			<p>механизм окисления. Варианты промышленного использования. Получение винилацетата.</p> <p>Метатезис. Реакция метатезиса олефинов. Открытие, применение в промышленности. Каталитические системы для проведения метатезиса. Механизм реакции. Практическое применение реакции метатезиса.</p> <p>Изомеризация алкенов. Цис-транс-изомеризация. Миграция двойных связей.</p>
7	3	<p>Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов. Димеризация этилена.</p> <p>Реакции сопряженных диенов. Гидрирование до моноенов, линейная димеризация. Содимеризация этилена и бутадиена.</p> <p>Циклоолигомеризация диенов. Работы Г.Вилке. Циклотримеризация. Каталитические превращения ароматических углеводородов.</p>	<p><i>Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов.</i> Димеризация этилена на комплексах никеля. Механизм и продукты димеризации. Олигомеризация и полимеризация алкенов. Катализаторы Циглера-Натта. Полиэтилен. Полипропилен. Атактические, синдиотактические и изотактические полимеры.</p> <p><i>Реакции сопряженных диенов.</i> Строение диеновых лигандов. Тенденция к образованию л-аллильных комплексов. Гидрирование диенов до моноолефинов.</p> <p><i>Олигомеризация диенов.</i> Линейная димеризация на комплексах кобальта. Димеризация на системах, содержащих палладий (0). Содимеризация этилена и бутадиена. Циклоолигомеризация диенов. Циклоолигомеризация бутадиена. Работы Вилке. Циклотримеризация.</p> <p><i>Полимеризация диенов.</i></p> <p><i>Реакции ароматических углеводородов.</i> Ареновые π-комплексы.</p> <p><i>Гидрирование аренов.</i> Гомогенное гидрирование. Катализаторы гидрирования. Мультиплетная теория катализа.</p> <p><i>Окисление ароматических соединений.</i> Окисление бензола, изопропилбензола (получение фенола и ацетона). Окисление ароматических углеводородов в производстве карбоновых кислот.</p>

## 2.2. Разделы учебной дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)				всего	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
			Л	ЛР	ПЗ/С	СРС		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	1	Предмет металлокомплексного катализа, его роль в современной промышленности Основные понятия катализа комплексами переходных металлов. Ключевые стадии катализа, понятие о каталитическом цикле.	5	6		14	25	1 – 6 неделя: Индивидуальное собеседование Защита лабораторных работ
7	2	Гидрирование алкенов на комплексах переходных металлов. Гидроформилирование алкенов на карбонильных кобальтовых и родиевых катализаторах. Гомолитическое окисление алкенов. Эпоксидирование алкенов. Окисление алкенов на Pd/Cu-катализаторе («Вакер- процесс») Метатезис алкенов. Механизм реакции. Практическое применение реакции метатезиса. Изомеризация алкенов. Цис-транс-изомеризация. Миграция двойных связей.	5	5		13	23	7 - 11 неделя: Индивидуальное собеседование Защита лабораторных работ
7	3	Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов. Димеризация этилена. Реакции сопряженных диенов. Гидрирование до моноенов, линейная димеризация. Содимеризация этилена и бутадиена. Циклоолигомеризация диенов. Работы Г.Вилке. Циклотримеризация. Каталитические превращения ароматических углеводородов.	6	5		13	24	12- 16 неделя: Индивидуальное собеседование Защита лабораторных работ
		Разделы дисциплины №1-3	16	16		40	72	ПрАг
		<b>ИТОГО за семестр</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>40</b>	<b>72</b>	<b>Зачет</b>

### 2.3. Лабораторный практикум

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Всего часов
1	2	3	4	5
7	1.	Основные понятия катализа комплексами переходных металлов	Синтез дифенилов по реакции Ульмана в присутствии металлокомплексов	4
	2.	Ключевые стадии катализа, понятие о каталитическом цикле	Каталитический метатезис алкенов.	2
	3.	Метатезис алкенов.	Полимеризация этилена на катализаторах Циглера-Натта.	4
	4.	Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов	Окисление п-ксилола кислородом в присутствии кобальтовых катализаторов.	4
	5.	Работы Г.Вилке. Циклотримеризация. Каталитические превращения ароматических углеводов.	Каталитическое кросс-сочетание реактивов Гриньяра с арилгалогенидами.	2
		<b>ИТОГО в семестре</b>		

Для оценки результатов лабораторной работы используются следующие критерии:

- знание теоретического материала по предметной области;
- глубина изучения дополнительной литературы;
- глубина и полнота ответов на контрольные вопросы.

Для лабораторно-практических работ возможны два основных варианта проведения:

1. В первом случае лабораторно-практические работы проводятся для всей группы студентов одновременно, в запланированный по графику день, при этом все студенты выполняют одну и ту же лабораторную работу. Особенность данного приема в том, что студенты и преподаватель могут оперативно сравнивать результаты и исправлять недочеты в работе, это его достоинство. Недостаток данного варианта работы заключается в том, что необходимо одновременно иметь достаточное количество химической посуды, приборов и реактивов, что бы избежать задержек в работе, это позволит всем студентам в срок справиться с описанной в «Лабораторном практикуме» работой.

2. Для лабораторного практикума выделяется время во второй половине семестра, студенты разбиваются на небольшие подгруппы по 2-3 человека, при этом на занятиях каждая подгруппа выполняет свою лабораторную работу, меняясь по цепочке. Например, на первом занятии первая подгруппа выполняет лабораторную работу №1, вторая подгруппа – лабораторную работу №2, и так далее. На втором занятии первая подгруппа выполняет лабораторную работу №2, вторая подгруппа – лабораторную работу №3, так пока все подгруппы не выполнят все запланированные работы. Для этого метода существуют свои достоинства: нет необходимости иметь более 1 комплекта оборудования и материалов, студенты готовятся к занятиям индивидуально, неподготовленного к занятию студента легче выявить, поскольку работа идет более индивидуально.

### 2.4. Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены по учебному плану.

### 3. Самостоятельная работа студента

#### 3.1. Виды СРС

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды СРС	Всего часов
1	2	3	4	5
7	1	Предмет металлокомплексного катализа, его роль в современной промышленности Основные понятия катализа комплексами переходных металлов. Ключевые стадии катализа, понятие о каталитическом цикле.	Подготовка к индивидуальному собеседованию Подготовка к защите лабораторных работ  Подготовка к зачету	6 5  3
7	2	Гидрирование алкенов на комплексах переходных металлов. Гидроформилирование алкенов на карбонильных кобальтовых и родиевых катализаторах. Гомолитическое окисление алкенов. Эпоксидирование алкенов. Окисление алкенов на Pd/Cu-катализаторе («Вакер- процесс») Метатезис алкенов. Механизм реакции. Практическое применение реакции метатезиса. Изомеризация алкенов. Цис-транс-изомеризация. Миграция двойных связей.	Подготовка к индивидуальному собеседованию Подготовка к защите лабораторных работ  Подготовка к зачету	5 5  3
7	3	Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов. Димеризация этилена. Реакции сопряженных диенов. Гидрирование до моноенов, линейная димеризация. Циклоолигомеризация диенов. Работы Г.Вилке. Циклотримеризация. Каталитические превращения ароматических углеводородов.	Подготовка к индивидуальному собеседованию Подготовка к защите лабораторных работ  Подготовка к зачету	5 5  3
		<b>ИТОГО в семестре:</b>		<b>40</b>

### 3.2. График работы студента

#### Семестр № 7

Форма оценочного средства	Условное обозначение	Номер недели															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Собеседование	Сб	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Защита лабораторных работ	Лр		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

### 3.3. Перечень примерных вопросов для самостоятельной работы обучающихся по различным темам

#### *Темы, выносимые на самостоятельную проработку*

1. Электрофильный катализ органических реакций.
2. Гетерополикислоты - катализаторы кислотно-основных процессов органического синтеза.
3. Гетерополикислоты катализаторы окислительно-восстановительных процессов органического синтеза.
4. Катализаторы каталитического риформинга.
5. Металлокомплексный катализ реакций синтеза высокомолекулярных соединений.
6. Фотоинициирование радикальных процессов органической технологии. Аппаратурное оформление.
7. Имобилизованные катализаторы.
8. Аппаратурное оформление гетерофазных каталитических процессов.
9. Аппаратурное оформление гетерогенно-каталитических процессов.

#### 3.3.1. Контрольные работы / рефераты

Не предусмотрены.

#### 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (см. Фонд оценочных средств)

#### 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Основная литература

№	Авторы Наименование , год и место издания	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				В библиотеке	На кафедре
1	2	5	6	7	8
1	Потехин, В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки [Электронный ресурс] : учеб. / В.М. Потехин, В.В. Потехин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 896 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/53687">https://e.lanbook.com/book/53687</a> . — Загл. с экрана.	1-3	7	ЭБС	
2	Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 200 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/87592">https://e.lanbook.com/book/87592</a> . — Загл. с экрана.	1-3	7	ЭБС	

##### 5.2. Дополнительная литература

№	Наименование	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				В библиотеке	На кафедре
1	2	5	6		
1	Реутов О. А. Органическая химия Ч. 1-4. [учебник для вузов по направлению и специальности “Химия”]. / О.А. Реутов, А.А. Курц, К.П.	1-4	1	40	

Бутин. – М.: БИНОМ. Лаб. знаний. 2007-2014.				
--	--	--	--	--

### 5.3 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Доступ зарегистрированным пользователям по паролю. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 15.10.2016).
2. КиберЛенинка [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru>, свободный (дата обращения: 15.10.2016).
3. Лань [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.03.2016).
4. Научная библиотека РГУ имени С. А. Есенина [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://library.rsu.edu.ru>, свободный (дата обращения: 15.10.2016).
5. Труды преподавателей [Электронный ресурс] : коллекция // Электронная библиотека Научной библиотеки РГУ имени С. А. Есенина. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://dspace.rsu.edu.ru/xmlui/handle/123456789/3> (дата обращения: 15.10.2016).
6. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red) (дата обращения: 15.10.2016).
7. Электронный каталог НБ РГУ имени С. А. Есенина [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения о всех видах литературы, поступающих в фонд НБ РГУ имени С. А. Есенина. – Рязань, [1990 - ]. – Режим доступа: <http://library.rsu.edu.ru/marc>, свободный (дата обращения: 15.10.2016).
8. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 20.04.2017).

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

«Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. ChemNet. Россия [Электронный ресурс] : химическая информационная сеть. – Режим доступа: [www.chemnet.ru](http://www.chemnet.ru), свободный (дата обращения: 15.10.2016).
2. ChemPort.Ru [Электронный ресурс] : портал. – Режим доступа: [www.chemport.ru](http://www.chemport.ru), свободный (дата обращения: 15.10.2016).

### 6. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины (модуля)

## 6.1. Требования к аудиториям для проведения занятий:

Необходимы стандартное оборудованные: лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций – видеопроектор, ноутбук, экран. Лекционные аудитории с мультимедийной аппаратурой для демонстрации иллюстративного материала. Лаборатория органической химии, оснащенная вытяжными шкафами, газо- и водоснабжением и обеспеченная химическими реактивами, химической посудой и оборудованием необходимыми для выполнения лабораторных и практических работ.

## 6.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся:

Необходимы ноутбуки или компьютерный класс. В компьютерном классе должны быть установлены средства *MS Office: Word, Power Point*.

Лабораторные столы, оснащенные вытяжными шкафами, газо- и водоснабжением и обеспеченная химическими реактивами, химической посудой и оборудованием необходимыми для выполнения лабораторных и практических работ.

## 7. Образовательные технологии

## 8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Лабораторная работа	Методические указания по выполнению лабораторных работ и др.
Подготовка к зачёту	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (*при необходимости*)

## 10. Требования к программному обеспечению учебного процесса

Название ПО	№ лицензии
MS Windows Professional Russian	47628906
Антивирус Kaspersky Endpoint Security	договор №14/03/2018-0142от 30/03/2018г.
Офисное приложение LibreOffice	свободно распространяемое ПО
Архиватор 7-zip	свободно распространяемое ПО
Браузеризображений Fast Stone ImageViewer	свободно распространяемое ПО
PDF ридерFoxitReader	свободно распространяемое ПО
Медиа проигрыватель VLC mediaplayer	свободно распространяемое ПО
Запись дисков ImageBurn	свободно распространяемое ПО
DJVU браузерDjVuBrowser Plug-in	свободно распространяемое ПО

## 11. Иные сведения

**Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

*Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине для промежуточного контроля успеваемости*

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
1.	<p>Предмет металлокомплексного катализа, его роль в современной промышленности</p> <p>Основные понятия катализа комплексами переходных металлов.</p> <p>Ключевые стадии катализа, понятие о каталитическом цикле.</p>	<p>ОПК-2</p> <p>ПК-8</p>	<p>Зачет</p>
2.	<p>Гидрирование алкенов на комплексах переходных металлов.</p> <p>Гидроформилирование алкенов на карбонильных кобальтовых и родиевых катализаторах.</p> <p>Гомолитическое окисление алкенов. Эпоксидирование алкенов. Окисление алкенов на Pd/Cu-катализаторе («Вакер-процесс»).</p> <p>Метатезис алкенов. Механизм реакции. Практическое применение реакции метатезиса.</p> <p>Изомеризация алкенов. Цис-транс-изомеризация. Миграция двойных связей.</p>		
3.	<p>Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов.</p> <p>Димеризация этилена.</p> <p>Реакции сопряженных диенов.</p> <p>Гидрирование до моноенов, линейная димеризация.</p> <p>Содимеризация этилена и бутадиена.</p> <p>Циклоолигомеризация диенов.</p> <p>Работы Г.Вилке. Циклотримеризация.</p> <p>Каталитические превращения ароматических углеводородов.</p>		

## ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Индекс компетенции	Содержание компетенции	Элементы компетенции	Индекс элемента
<b>ОПК-2</b>	владением навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	<b>Знать</b> феноменологию катализа (типы катализаторов и каталитических процессов, их основные характеристики), теоретические представления в области катализа (природа каталитического действия, механизмы каталитических реакций)	<b>ОПК2 З1</b>
		<b>Уметь</b> собирать и анализировать технологическую и статистическую информацию; планировать научные исследования в области нефтехимии, обрабатывать экспериментальные данные	<b>ОПК2 У1</b>
		<b>Владеть</b> теоретическими представлениями о катализе комплексами переходных металлов, основами координационной химии, иметь навыки их применения при проведении каталитических реакций.	<b>ОПК2 В1</b>
ПК-8	Способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач	<b>Знать</b> основные направления использования катализа в нефтехимии.	<b>ПК8 З1</b>
		<b>Уметь</b> использовать базовые знания в области естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин для анализа факторов, влияющих на эффективность использования процессов, катализируемых комплексами металлов	<b>ПК8 У1</b>
		<b>Владеть</b> современными методами экспериментальных исследований в области нефтехимии, методами синтеза и анализа катализаторов.	<b>ПК8 В1</b>

## КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЗАЧЕТ)

№	*Содержание оценочного средства	Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов
1.	Основные понятия катализа.	<b>ОПК2 З1, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 З1 ПК8 У1 ПК8 В1</b>
2.	Кинетические и термодинамические аспекты гомогенного катализа.	<b>ОПК2 З1, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 З1 ПК8 У1 ПК8 В1</b>
3.	Комплексы переходных металлов	<b>ОПК2 З1, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 З1 ПК8 У1 ПК8 В1</b>
4.	Типы связей металлов с олефинами, окисью углерода, фосфинами.	<b>ОПК2 З1, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 З1 ПК8 У1 ПК8 В1</b>
5.	Активация лигандов при координации.	<b>ОПК2 З1, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 З1 ПК8 У1 ПК8 В1</b>
6.	Роль лигандов в катализе. Транс-	<b>ОПК2 З1, ОПК2 У1, ОПК2 В1</b>

	эффект, электронный параметр, стерический фактор.	ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
7.	Ключевые стадии в катализе. Процессы внедрения, $\beta$ -элиминирования, $\sigma$ - $\pi$ -перегруппировки, окислительного присоединения и восстановительного элиминирования.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
8.	Понятие о каталитическом цикле. Правило «16 и 18 электронов». Основные стадии каталитического цикла.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
9.	Реакции гидрирования алкенов. Механизм реакции гидрирования.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
10.	Реакция гидросилилирования.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1  ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
11.	Гидроформилирование на немодифицированных кобальтовых катализаторах. Реакция на модифицированных кобальтовых системах. Родиевые катализаторы	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
12.	Карбонилирование алкенов. Получение кислот, сложных эфиров, аминов.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1  ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
13.	Реакция метатезиса. Механизм реакции, практическое применение.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
14.	Каталитическое окисление алкенов (Ваккер-процесс).	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
15.	Димеризация, олигомеризация и полимеризация алкенов на катализаторах Циглера-Натта. Полиэтилен и полипропилен.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
16	Напор насоса и его определение. Высота всасывания насоса. Определение допустимой высоты всасывания. Центробежный насос. Его конструкция и принцип действия.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
16.	Реакции сопряженных диенов. Олигомеризация диенов.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
17.	Линейная димеризация. Содимеризация этилена с бутадиеном.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
18.	Циклоолигомеризация сопряженных диенов.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
19.	Циклодимеризация бутадиена: основные продукты и предполагаемый механизм.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
20.	Циклотримеризация.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
21.	Полимеризация сопряженных диенов, структуры каучуков. Влияние электронных и стерических факторов на процесс полимеризации.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
22.	Эквибинарные полидиены.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
23.	Реакции ароматических соединений. Гидрирование.	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1
24.	Автоокисление ароматических углеводородов в производные карбоновых кислот в присутствии	ОПК2 31, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 31 ПК8 У1 ПК8 В1

	органических солей кобальта (II).	
25.	Реакция окисления изопропилбензола как метод промышленного синтеза фенола и ацетона. Механизм окисления. Технологическая реализация.	ОПК2 З1, ОПК2 У1, ОПК2 В1 ПК8 З1 ПК8 У1 ПК8 В1

## ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ (Шкалы оценивания)

Результаты выполнения обучающимся заданий на экзамене оцениваются по шкале - по пятибалльной шкале.

В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций или их составляющих частей, формируемых на учебных занятиях по дисциплине (Таблица 2.5 рабочей программы дисциплины).

«Отлично» (5) / «зачтено» – оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

«Хорошо» (4) / «зачтено» - оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос или выполнении заданий, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

«Удовлетворительно» (3) / «зачтено» - оценка соответствует пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, демонстрирует недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

«Неудовлетворительно» (2) / «не зачтено» - оценка выставляется обучающемуся, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.