

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ А.В. Великородов

«31» августа 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой химии, к.х.н. до-  
цент

\_\_\_\_\_ Л.А. Джигола

«31» августа 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**КАТАЛИЗ В ТОНКОМ ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ**  
**ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ**

Составитель	<b>Щепетова Е.В., доцент, к.б.н., доцент</b>
Направление подготовки	<b>04.03.01 «ХИМИЯ»</b>
Направленность (профиль) ОПОП	
Квалификация (степень)	<b>Академический бакалавр</b>
Форма обучения	<b>Очно-заочная</b>
Год приема	<b>2020</b>
Курс	<b>4</b>
Семестр	<b>8</b>

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цель освоения дисциплины** – формирование знаний о новейшем и интенсивно развивающемся направлении современной химии – каталитический органический синтез, получение представлений о механизмах гомогенных и гетерогенных каталитических реакций, освоение основных методов каталитического синтеза различных классов органических соединений.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины:

- рассмотреть научные основы катализа в органическом синтезе (типы гомогенных и гетерогенных катализаторов, применяемых в органическом синтезе, классификацию каталитических органических реакций, элементарные стадии каталитических циклов);
- изучить особенности механизмов каталитических органических реакций;
- дать информацию о практическом использовании катализа в тонком органическом синтезе, а также в различных промышленных процессах, в том числе фармацевтических производствах;
- сформировать навыки синтеза целевых органических соединений, варьируя природу катализатора и условия проведения реакции.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

**2.1. Учебная дисциплина относится к циклу (Б1.В.Д.06.01)**, вариативная часть (элективные дисциплины) и осваивается в 8 семестре. Дисциплина встраивается в структуру ОПОП как с точки зрения преемственности содержания, так и с точки зрения непрерывности процесса формирования компетенций выпускника.

**2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:** учебный курс логически связан с теоретическими основами и практическими навыками, полученными при изучении бакалаврами базовых профессиональных дисциплин, таких как «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Квантовая механика и квантовая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», а также специальных профессиональных дисциплин, соответствующих профилям подготовки бакалавров направления «Химия».

**Знания** основных научных и технических проблем химической технологии органических лекарственных веществ; основных мировых достижений в области химической технологии органических лекарственных веществ; основных требований и стандартов к технологическому уровню химического производства, качеству выпускаемых продуктов и охране окружающей среды.

**Умения** проводить анализ методов и технологий получения, очистки и выделения основных и побочных продуктов органического синтеза лекарственных веществ.

**Навыки** владения методами теоретического и экспериментального исследования процессов химической технологии.

**2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:**

- анализ природных биологически активных соединений;
- основы медицинской химии.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих

компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:  
*профессиональной:*

ПК-1. Способен проводить сбор, анализ и обработку информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации

ПК-6. Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук

**Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения**

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Знать	Уметь	Владеть
ПК-1	<p><i>ИПК 1.1.1</i> закономерности кислотно-основного, нуклеофильного, металлокомплексного гомогенного и гетерогенного катализа органических реакций; особенности межфазного катализа органических реакций;</p> <p><i>ИПК 1.1.2</i> специализированную информацию в патентно-информационных базах данных</p>	<p><i>ИПК 1.2.1</i> проводить поиск и разработку новых более эффективных путей синтеза новых органических лекарственных веществ, используя современные катализаторы и каталитические системы;</p> <p><i>ИПК 1.2.2</i> готовить элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР</p>	<p><i>ИПК 1.3.1</i> опытом поиска и разработки новых более эффективных путей синтеза органических веществ с использованием современных катализаторов и каталитических систем;</p> <p><i>ИПК 1.3.2</i> способом выбора технических средств и методов испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР</p>
ПК-6	<p><i>ИПК 6.1.1</i> способы и методы проведения патентно-информационных исследований в выбранной области химии</p>	<p><i>ИПК 6.2.1</i> вести поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных</p>	<p><i>ИПК 6.3.1</i> анализом результатов патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объём дисциплины составляет 3 зачётных единицы, в том числе 16 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 16 часов – практические занятия) и 92 часа – на самостоятельную работу обучающихся.

**Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины**

Раздел, тема дисциплины	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
<b>Тема 1.</b> Введение в катали-	9			<b>4</b>		<b>20</b>	

Раздел, тема дисциплины	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Титический органический синтез							
<b>Тема 2.</b> Гомогенный металлокомплексный катализ				4		26	собеседование
<b>Тема 3.</b> Гетерогенный катализ				4		26	собеседование
<b>Тема 4.</b> Органокатализ				4		20	Собеседование, защита реферата
<b>Итого</b>				16		92	зачёт (8 семестр)

**Таблица 3 – Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины и формируемых компетенций**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции		Общее количество компетенций
		ПК-1	ПК-6	
<b>Тема 1. Введение в каталитический органический синтез</b>	24	+	+	2
<b>Тема 2.</b> Гомогенный металлокомплексный катализ	30	+	+	2
<b>Тема 3.</b> Гетерогенный катализ	30	+	+	2
<b>Тема 4.</b> Органокатализ	24	+	+	2
<b>Итого</b>	108			

### Краткое содержание каждой темы дисциплины

#### **Тема 1. Введение в каталитический органический синтез**

Роль катализа в органической химии. Концепция экономии атомов. Типы катализаторов, применяемых в органическом синтезе. Виды катализа: гомогенный и гетерогенный катализ, гетерогенно-гомогенный катализ, мицеллярный катализ, межфазный, нанокатализ. Классификация по химической природе катализатора: кислотнo-основной катализ, металлокомплексный катализ, ферментативный катализ, органокатализ.

#### **Тема 2. Гомогенный металлокомплексный катализ**

Характеристика гомогенных катализаторов. Электронные и пространственные эффекты лигандов. Классификация лигандов в соответствии с донорным атомом. Моно- и бидентатные лиганды.  $\sigma$ -Донорные и  $\pi$ -акцепторные свойства лигандов. Элементарные стадии и механизм металлокомплексного катализа. Окислительное присоединение, реакции внедрения, альфа-, бета-элиминирование, гаптотропные перегруппировки, реакции переноса электрона, восстановительное элиминирование, окислительное сочетание и восстановительное расщепление. Основные реакции, катализируемые комплексами переходных металлов: гидрирование алкенов; окисление (Вакер-процесс, эпоксирирование олефинов, гидроксильное метал-оксо-комплексами, металл-дихлоридные интермедиаты в реакциях селективного окисления C-H связей в углеводородах); карбонилирование и карбоксилирование (карбонилирование метанола, алкенов, алкинов и арилгалогенидов, гидроформилирование олефинов); метатезис алкенов, алкинов и циклоалкенов; реакции кросс-сочетания (реакция Хека, кросс-сочетание с использованием элементоорганических соединений); C- N-активация и функци-

онализация алканов и аренов (электрон-насыщенные металлы, реакции переноса водорода, борирование алканов и аренов, электрофильные катализаторы).

### **Тема 3. Гетерогенный катализ**

Гетерогенные металлокомплексные катализаторы. Носители для металлокомплексных катализаторов. Адсорбционная, ионообменная, координационная и ковалентная гетерогенизация. Топологическое закрепление комплексов переходных металлов. Концепции гетерогенного катализа. Катализ металлополимерами. Гидрогенирование CO и CO<sub>2</sub>. Процесс Фишера-Тропша. Метатезис алканов, алкенов, и алкинов. Окисление углеводородов. Достоинства и недостатки гетерогенных металлокомплексных катализаторов. Нанокатализ на границе гомогенного и гетерогенного катализа.

### **Тема 4. Органокатализ**

Органокатализаторы (кислоты и основания Льюиса). Аллильное алкилирование. Окисление и восстановление. Реакция Байлиса-Хиллмана. Реакция Манниха. Реакция Дильса-Альдера. Реакция Михаэля. Реакции раскрытия цикла.

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине:**

Практические занятия обеспечивают связь теории и практики, содействуют выработке у студентов умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы в процессе решения различных прикладных задач. Формы проведения практических занятий: развернутая беседа с результатами исследований и их обсуждение; дискуссия, индивидуальное или групповое выполнение упражнений, семинар – коллоквиум, применение интерактивного обучения.

По данной дисциплине разработаны сборник заданий и упражнений, сопровождающихся методическими указаниями, применительно к конкретным разделам и темам.

### **5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине:

#### **а) основная литература:**

1. Хайрутдинов Ф.Г., Синтез лекарственных веществ [Электронный ресурс] / Ф.Г. Хайрутдинов и др. - Казань: Издательство КНИТУ, 2014. - 136 с. - ISBN 978-5-7882-1620-1 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788216201.html> (ЭБС «Консультант студента»).
2. Бухаров С.В., Химия и технология продуктов тонкого органического синтеза [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Бухаров, Г.Н. Нугуманова. - Казань: Издательство КНИТУ, 2013. - 268 с. - ISBN 978-5-7882-1436-8 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214368.html> (ЭБС «Консультант студента»).

#### **б) дополнительная литература:**

1. Смит В.А., Основы современного органического синтеза [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Смит, А.Д. Дильман. - 4-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2015. - 753 с. - ISBN 978-5-9963-2369-2 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323692.html> (ЭБС «Консультант студента»).

2. Журавлева М.В., Катализ в органической технологии : учебное пособие / М.В. Журавлева, Г.Ю. Климентова, О.В. Зиннурова, А.А. Фирсин - Казань : Издательство КНИТУ, 2016. - 160 с. - ISBN 978-5-7882-1983-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788219837.html> (ЭБС «Консультант студента»).

**Таблица 4 – Содержание самостоятельной работы обучающихся**

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
Классификация по химической природе катализатора: кислотно-основной катализ, металлокомплексный катализ, ферментативный катализ, органокатализ.	20	Составление конспекта
Основные реакции, катализируемые комплексами переходных металлов: гидрирование алкенов; окисление (Вакер-процесс, эпоксидирование олефинов, гидроксילирование метал-оксо-комплексами, металл-дикислородные интермедиаты в реакциях селективного окисления С-Н связей в углеводородах); карбонилирование и карбоксилирование (карбонилирование метанола, алкенов, алкинов и арилгалогенидов, гидроформилирование олефинов); метатезис алкенов, алкинов и циклоалкенов; реакции кросс-сочетания (реакция Хека, кросс-сочетание с использованием элементоорганических соединений); С- Н-активация и функционализация алканов и аренов (электрон-насыщенные металлы, реакции переноса водорода, борирование алканов и аренов, электрофильные катализаторы).	26	Составление конспекта
Окисление углеводородов. Достоинства и недостатки гетерогенных металлокомплексных катализаторов. Нанокатализ на границе гомогенного и гетерогенного катализа.	26	Составление конспекта
Реакция Дильса-Альдера. Реакция Михаэля. Реакции раскрытия цикла.	20	Составление конспекта, Составление реферата

### **5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно:**

Допускается самостоятельный выбор студентом темы реферата. по дисциплине «Катализ в тонком органическом синтезе лекарственных средств».

#### **Требования к оформлению реферата:**

Реферат должен быть представлен в форме печатной работы (электронная версия обязательна) объемом *от 20 до 40 страниц*, созданный в редакторе Microsoft Word (Windows), и сохранен в формате doc (docx), шрифт – Times New Roman; кегль – 14; межстрочный интервал – 1,0; абзац – 1,25; выравнивание по ширине, отступы: слева и справа – 2,5 см, сверху и снизу – 2,5 см, ориентация – книжная.

#### **Оформление списка литературы к реферату:**

1. Аршанский, Е.Я. Методика обучения химии в классах гуманитарного профиля [Текст] / Е.Я. Аршанский . – М.: Вентана-Граф, 2003. – 176 с.
2. Береснева, Е.В. Использование технологии критического мышления при изучении органической химии в средней школе [Текст] / Е.В. Береснева, Е.Н. Загвоздкина // Химия в школе. – 2008. – № 8. – С. 17–22.
3. Левитес, Д.Г. Школа для профессионалов или семь уроков для тех, кто учит / Д.Г. Левитес. – Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК». – 2001. – 256 с.
4. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования [Текст] / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина, М.В. Моисеева, А.Е. Петров; под ред. Е.С. Полат. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 272 с.
5. Храпов, С.А. Технологии СДИО в сфере социализации студентов (опыт Астраханского государственного университета) [Электронный ресурс]. / С.А. Храпов. – Режим доступа: [http://portal.tpu.ru/f\\_dite/conf/2013/4/khrapov.pdf](http://portal.tpu.ru/f_dite/conf/2013/4/khrapov.pdf)

#### **Темы рефератов**

1. Катализ и катализаторы. Промоторы. Каталитические яды. Носители. Теории гетерогенного катализа.
2. Классификация каталитических процессов и катализаторов по механизму и подбор катализаторов. Катализ и термодинамика.
3. Основные стадии катализа: физическая адсорбция, химическая адсорбция (хемосорбция), адсорбция на неоднородной поверхности, десорбция.
4. Определение активности, селективности, элементарного акта.
5. Методы измерения каталитической активности.
6. Стационарный и квазистационарный режимы катализа.
7. Ленгмюровская кинетика каталитических реакций.
8. Кинетика сложных каталитических реакций по Тёмкину.
9. Диффузионная кинетика.
10. Каталитические реакции в нестационарном режиме.
11. Диссипативные структуры в катализе.
12. Промежуточные соединения в гетерогенном катализе. Применение физических методов *in situ*.
13. Теория абсолютных скоростей и ее применение к катализу.
14. Методы исследования переноса энергии в элементарном каталитическом акте.
15. Обмен энергий при взаимодействии газа с поверхностью.
16. Прекурсор и поверхностная диффузия.
17. Электронная теория катализа на полупроводниках.
18. Цепные эффекты в катализе.
19. Фазовые превращения в катализе и структура поверхности.
20. Основные требования к промышленному катализу.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (разбора заданий, круглых столов и пр.) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся.

Подбор выполняемых на практических занятиях заданий направлены на формирование у обучающихся умения и навыков в области катализа в тонком органическом синтезе лекарственных средств. Формированию профессиональных компетенций выпускников способствует выполнение курсовой работы по научной тематике кафедры.

### 6.1. Образовательные технологии

**Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий**

Раздел, тема дисциплины	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
<b>Тема 1.</b> Введение в каталитический органический синтез	Не предусмотрено	Практическая работа	Не предусмотрено
<b>Тема 2.</b> Гомогенный металлокомплексный катализ	Не предусмотрено	Практическая работа	Не предусмотрено
<b>Тема 3.</b> Гетерогенный катализ	Не предусмотрено	Практическая работа	Не предусмотрено
<b>Тема 4.</b> Органокатализ	Не предусмотрено	Практическая работа	Не предусмотрено

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах online и (или) offline в формах видеоконференции, собеседования в режиме форума и др.

### 6.2. Информационные технологии

Информационные технологии, используемые при реализации различных видов учебной и внеучебной работы:

- использование возможностей интернета в учебном процессе (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление обучающихся с оценками и т. д.);
- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронных библиотек, журналов и т. д.) как источников информации;
- использование возможностей электронной почты преподавателя;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т. д.);
- использование интегрированных образовательных сред, где главной составляющей являются не только применяемые технологии, но и содержательная часть, т. е. информационные ресурсы (доступ к мировым информационным ресурсам, на базе которых строится учебный процесс);
- использование виртуальной обучающей среды (LMS Moodle «Электронное образование») или иных информационных систем, сервисов и мессенджеров.

### 6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

#### 6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
LMS Moodle «Электронное образование»	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
Notepad++	Текстовый редактор
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер
Paint .NET	Растровый графический редактор
Microsoft Security Assessment Tool. Режим доступа: <a href="http://www.microsoft.com/ru-ru/download/details.aspx?id=12273">http://www.microsoft.com/ru-ru/download/details.aspx?id=12273</a> (Free) Windows Security Risk Management Guide Tools and Templates. Режим доступа: <a href="http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=6232">http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=6232</a> (Free)	Программы для информационной безопасности
VLC Player	Медиапроигрыватель
VMware (Player)	Программный продукт виртуализации операционных систем
Far Manager	Файловый менеджер
WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu

#### 6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

[Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО «ИВИС» <http://dlib.eastview.com>](http://dlib.eastview.com)

Имя пользователя: AstrGU

Пароль: AstrGU

Электронные версии периодических изданий, размещённые на сайте информационных ресурсов

[www.polpred.com](http://www.polpred.com)

Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем» <https://library.asu.edu.ru/catalog/>

Электронный каталог «Научные журналы АГУ» <https://journal.asu.edu.ru/>

Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИ-КОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) – сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний. Участники проекта предоставляют друг другу электронные копии отсканированных статей из книг, сборников, журналов, содержащихся в фондах их библиотек.

<http://mars.arbicon.ru>

Единое окно доступа к образовательным ресурсам

<http://window.edu.ru>

Сайт государственной программы Российской Федерации «Доступная среда»

<http://zhit-vmeste.ru>

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1 Паспорт фонда оценочных средств:

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Катализ в тонком органическом синтезе лекарственных средств» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

**Таблица 6 – Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине и оценочных средств**

№ п/п	Контролируемый раздел, тема дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Тема 1. Введение в каталитический органический синтез	ПК-1 ПК-6	Вопросы для устного опроса
2	Тема 2. Гомогенный металлокомплексный катализ	ПК-1 ПК-6	Вопросы для устного опроса
3	Тема 3. Гетерогенный катализ	ПК-1 ПК-6	Вопросы для устного опроса
4	Тема 4. Органокатализ	ПК-1 ПК-6	Вопросы для устного опроса, защита реферата

### 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

**Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала,

«неудовлетворительно»	не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры
-----------------------	---

**Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, не способен применить знание теоретического материала при выполнении заданий, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание при подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задание

### 7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине

#### Тема 1. Введение в каталитический органический синтез

##### *Вопросы для обсуждения*

1. Роль катализа в органической химии.
2. Концепция экономии атомов. Типы катализаторов, применяемых в органическом синтезе
3. Виды катализа: гомогенный и гетерогенный катализ, гетерогенно-гомогенный катализ, мицеллярный катализ, межфазный, нанокатализ
4. Классификация по химической природе катализатора: кислотно-основной катализ, металлокомплексный катализ, ферментативный катализ, органокатализ.

#### Тема 2. Гомогенный металлокомплексный катализ

##### *Вопросы для обсуждения*

1. Характеристика гомогенных катализаторов
2. Электронные и пространственные эффекты лигандов. Классификация лигандов в соответствии с донорным атомом. Моно- и бидентатные лиганды.  $\sigma$ -Донорные и  $\pi$ -акцепторные свойства лигандов
3. Элементарные стадии и механизм металлокомплексного катализа.
4. Окислительное присоединение, реакции внедрения,  $\alpha$ -,  $\beta$ -элиминирование, гаптотропные перегруппировки, реакции переноса электрона, восстановительное элиминирование, окислительное сочетание и восстановительное расщепление
5. Основные реакции, катализируемые комплексами переходных металлов: гидрирование алкенов; окисление (Вакер-процесс, эпоксирирование олефинов, гидроксильное метал-оксо-комплексами, металл-дикислородные интермедиаты в реакциях селективного окис-

ления С-Н связей в углеводородах); карбонилирование и карбоксилирование (карбонилирование метанола, алкенов, алкинов и арилгалогенидов, гидроформилирование олефинов); метатезис алкенов, алкинов и циклоалкенов; реакции кросс-сочетания (реакция Хека, кросс-сочетание с использованием элементоорганических соединений); С-Н-активация и функционализация алканов и аренов (электрон-насыщенные металлы, реакции переноса водорода, борирование алканов и аренов, электрофильные катализаторы).

### **Тема 3. Гетерогенный катализ**

#### ***Вопросы для обсуждения***

1. Гетерогенные металлокомплексные катализаторы
2. Носители для металлокомплексных катализаторов
3. Адсорбционная, ионообменная, координационная и ковалентная гетерогенизация
4. Топологическое закрепление комплексов переходных металлов
5. Концепции гетерогенного катализа. Катализ металлополимерами. Гидрогенирование СО и СО<sub>2</sub>. Процесс Фишера-Тропша. Метатезис алканов, алкенов, и алкинов. Окисление углеводородов
6. Достоинства и недостатки гетерогенных металлокомплексных катализаторов. Нанокатализ на границе гомогенного и гетерогенного катализа.

### **Тема 4. Органокатализ**

#### ***Вопросы для обсуждения***

1. Органокатализаторы (кислоты и основания Льюиса)
2. Аллильное алкилирование. Окисление и восстановление. Реакция Байлиса-Хиллмана. Реакция Манниха. Реакция Дильса-Альдера. Реакция Михаэля. Реакции раскрытия цикла.

### **Перечень вопросов к зачету**

1. Классификация каталитических органических процессов.
2. Типы катализаторов, применяемых в органическом синтезе. Характеристика гомогенных и гетерогенных катализаторов.
3. Асимметрическое каталитическое гидрирование олефинов.
4. Гидроборирование, гидроцианирование и гидроаминирование алкенов.
5. Метатезис алканов, алкенов, алкинов и циклоалкенов.
6. Металл-дикислородные интермедиаты в реакциях селективного окисления С-Н связей в углеводородах.
7. Реакции карбонилирования и карбоксилирования (промышленные процессы синтеза).
8. Каталитические реакции формирования связей углерод-углерод и углеродгетероатом.
9. Каталитические реакции С-Н-активации и функционализации алканов и аренов.
10. Стереоселективные реакции окисления (Нобелевская премия 2001 г., Б. Шарплесс).
11. Методы получения и основные характеристики гетерогенных металлокомплексных катализаторов.
12. Гидрогенирование моно- и диоксида углерода.
13. Процесс Фишера-Тропша.
14. Катализ наночастицами. Сходства и различия с классическим гомогенным и гетерогенным катализом.
15. Определение органокатализа. Основные классы органокатализаторов.
16. Реакции, катализируемые органокатализаторами.
17. "Клик-химия" – современный подход к поиску новых фармацевтических препаратов.
18. С-Н-активация в синтезе природных соединений.
19. Промышленный каталитический синтез органических веществ.

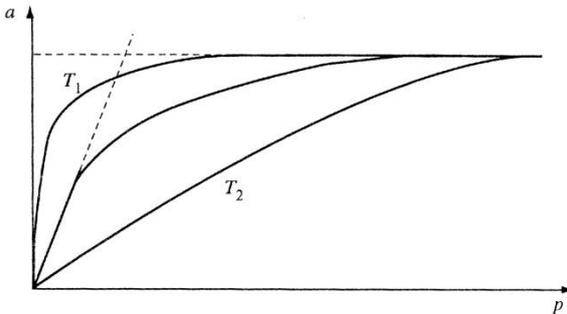
### Темы рефератов

20. Катализ и катализаторы. Промоторы. Каталитические яды. Носители. Теории гетерогенного катализа.
21. Классификация каталитических процессов и катализаторов по механизму и подбор катализаторов. Катализ и термодинамика.
22. Основные стадии катализа: физическая адсорбция, химическая адсорбция (хемосорбция), адсорбция на неоднородной поверхности, десорбция.
23. Определение активности, селективности, элементарного акта.
24. Методы измерения каталитической активности.
25. Стационарный и квазистационарный режимы катализа.
26. Ленгмюровская кинетика каталитических реакций.
27. Кинетика сложных каталитических реакций по Тёмкину.
28. Диффузионная кинетика.
29. Каталитические реакции в нестационарном режиме.
30. Диссипативные структуры в катализе.
31. Промежуточные соединения в гетерогенном катализе. Применение физических методов *in situ*.
32. Теория абсолютных скоростей и ее применение к катализу.
33. Методы исследования переноса энергии в элементарном каталитическом акте.
34. Обмен энергий при взаимодействии газа с поверхностью.
35. Прекурсор и поверхностная диффузия.
36. Электронная теория катализа на полупроводниках.
37. Цепные эффекты в катализе.
38. Фазовые превращения в катализе и структура поверхности.
39. Основные требования к промышленному катализу.

**Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов**

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ПК-1. Способен проводить сбор, анализ и обработку информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации ПК-6. Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук				
1	Задания закрытого типа	Какие из утверждений являются <i>верными</i> : а) катализаторы, участвующие в реакции входят в состав конечных продуктов. б) катализатор не находится в стехиометрическом отношении с продуктами и, как правило, генерируется после каждого цикла превращений реагентов в продукты. в) гетерогенный катализ – это процесс, при котором катализатор и реагирующие вещества находятся в одной и той же фазе. г) в промышленности чаще всего используют гетерогенно-каталитические процессы. д) при гетерогенно-гомогенном катализе процессы начинаются в жидкой или газовой фазах.	б, г	

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)								
		<p>Установите соответствие:</p> <table border="1" data-bbox="403 300 1002 797"> <tr> <td data-bbox="403 300 703 454">а) Кинетическая область протекания катализа</td> <td data-bbox="703 300 1002 454">1) скорость реакции определяется непосредственно химическими превращениями на поверхности.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 454 703 577">б) Область внешней диффузии</td> <td data-bbox="703 454 1002 577">2) лимитирующей стадией является перенос вещества в порах внутри зерна катализатора.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 577 703 797">в) Область внутренней диффузии</td> <td data-bbox="703 577 1002 797">3) реакцию лимитирует подвод реагентов из газа или жидкости к наружной поверхности или отвод их от наружной поверхности катализаторов.</td> </tr> </table>	а) Кинетическая область протекания катализа	1) скорость реакции определяется непосредственно химическими превращениями на поверхности.	б) Область внешней диффузии	2) лимитирующей стадией является перенос вещества в порах внутри зерна катализатора.	в) Область внутренней диффузии	3) реакцию лимитирует подвод реагентов из газа или жидкости к наружной поверхности или отвод их от наружной поверхности катализаторов.	<p>А-1 Б-3 В-2</p>			
а) Кинетическая область протекания катализа	1) скорость реакции определяется непосредственно химическими превращениями на поверхности.											
б) Область внешней диффузии	2) лимитирующей стадией является перенос вещества в порах внутри зерна катализатора.											
в) Область внутренней диффузии	3) реакцию лимитирует подвод реагентов из газа или жидкости к наружной поверхности или отвод их от наружной поверхности катализаторов.											
2		<p>Выберите правильную последовательность основных стадий гетерогенно-каталитической реакции:</p> <p>а) адсорбция→диффузия компонентов к катализатору→каталитическая реакция→десорбция→обратная диффузия продуктов.</p> <p>б) диффузия компонентов к катализатору→адсорбция→каталитическая реакция→десорбция→обратная диффузия продуктов.</p> <p>в) каталитическая реакция→адсорбция→десорбция→диффузия компонентов к катализатору→обратная диффузия продуктов.</p> <p>г) адсорбция→каталитическая реакция→диффузия компонентов к катализатору→десорбция→обратная диффузия продуктов.</p>	б									
3		<p>Установите соответствие:</p> <table border="1" data-bbox="403 1608 1031 2063"> <tr> <td data-bbox="403 1608 722 1666">а) Промоторы (активаторы) –</td> <td data-bbox="722 1608 1031 1821">1) это вещества, воздействие которых на катализатор приводит к уменьшению его активности или к полному подавлению каталитического действия.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 1666 722 1724">б) Каталитические (контактные) яды –</td> <td data-bbox="722 1821 1031 2007">2) это вещества, которые при одних концентрациях и температурах являются промоторами, а при других - каталитическими ядами.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 1724 722 1783">в) Модифицирующие добавки –</td> <td data-bbox="722 2007 1031 2063">3) это вещества, сами по себе неактивные или</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 1783 722 1841">г) Носители –</td> <td></td> </tr> </table>	а) Промоторы (активаторы) –	1) это вещества, воздействие которых на катализатор приводит к уменьшению его активности или к полному подавлению каталитического действия.	б) Каталитические (контактные) яды –	2) это вещества, которые при одних концентрациях и температурах являются промоторами, а при других - каталитическими ядами.	в) Модифицирующие добавки –	3) это вещества, сами по себе неактивные или	г) Носители –		<p>А-4 Б-1 В-2 Г-3</p>	
а) Промоторы (активаторы) –	1) это вещества, воздействие которых на катализатор приводит к уменьшению его активности или к полному подавлению каталитического действия.											
б) Каталитические (контактные) яды –	2) это вещества, которые при одних концентрациях и температурах являются промоторами, а при других - каталитическими ядами.											
в) Модифицирующие добавки –	3) это вещества, сами по себе неактивные или											
г) Носители –												

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания		Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)				
			<p>малоактивные, нанесение на них катализатора значительно повышает его активность.</p> <p>4) вещества, добавление которых к катализатору увеличивают его активность, селективность, устойчивость.</p>						
	<p>Задания открытого типа</p>	<p>Ниже приведен общий вид изотерм адсорбции Ленгмюра при разных температурах (<math>T_2 &gt; T_1</math>) на одном и том же адсорбате. Согласно представленным изотермам, установите соответствие:</p>  <table border="1" data-bbox="399 1131 981 1422"> <tr> <td data-bbox="399 1131 694 1243"> <p>а) <math>bp \gg 1</math>, <math>a = a_m</math></p> </td> <td data-bbox="694 1131 981 1243"> <p>при больших давлениях адсорбция не зависит от давления и достигает насыщения</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="399 1243 694 1422"> <p>б) <math>bp \ll 1</math>, <math>a = a_m bp</math></p> </td> <td data-bbox="694 1243 981 1422"> <p>при очень малых давлениях адсорбция пропорциональна давлению и соответствует линейной изотерме Генри</p> </td> </tr> </table>		<p>а) <math>bp \gg 1</math>, <math>a = a_m</math></p>	<p>при больших давлениях адсорбция не зависит от давления и достигает насыщения</p>	<p>б) <math>bp \ll 1</math>, <math>a = a_m bp</math></p>	<p>при очень малых давлениях адсорбция пропорциональна давлению и соответствует линейной изотерме Генри</p>	<p>А-1 Б-2</p>	<p>2</p>
<p>а) <math>bp \gg 1</math>, <math>a = a_m</math></p>	<p>при больших давлениях адсорбция не зависит от давления и достигает насыщения</p>								
<p>б) <math>bp \ll 1</math>, <math>a = a_m bp</math></p>	<p>при очень малых давлениях адсорбция пропорциональна давлению и соответствует линейной изотерме Генри</p>								
		<p>Уравнению Ленгмюра соответствует формула:</p> <p>а) <math>a = a_m + \frac{bp}{1+bp}</math> или <math>a = a_m + \frac{bc}{1+bc}</math>.</p> <p>б) <math>a = \frac{a_m+bp}{1+bp}</math> или <math>a = \frac{a_m+bc}{1+bc}</math>.</p> <p>в) <math>a = a_m \frac{bp}{1+bp}</math> или <math>a = a_m \frac{bc}{1+bc}</math>.</p> <p>г) <math>a = \left(\frac{bp}{1+bp}\right) a_m</math> или <math>a = \left(\frac{bc}{1+bc}\right) a_m</math>.</p>		<p>а</p>					

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		<p>Выберите утверждения, соответствующие Теории изотерм адсорбции И. Ленгмюра:</p> <p><b>а)</b> все атомы поверхности имеют энергетически одинаковые адсорбционные центры (рассматривается однородная поверхность).</p> <p><b>б)</b> на одном центре адсорбируется несколько молекул адсорбата и при заполнении всех центров образуется несколько монослоев.</p> <p><b>в)</b> взаимодействием между соседними адсорбированными молекулами в теории пренебрегают.</p> <p><b>г)</b> при адсорбционном равновесии скорость адсорбции не равна скорости десорбции.</p>	а,в	
		<p>Уравнение Генри описывается выражением:</p> <p><b>а)</b> <math>a = K_{HP}</math> или <math>a = K_{HC}</math>.</p> <p><b>б)</b> <math>a = K_H/p</math> или <math>a = K_H/c</math>.</p> <p><b>в)</b> <math>a = K_H^p</math> или <math>a = K_H^c</math>.</p> <p><b>г)</b> <math>a = K_H - p</math> или <math>a = K_H - c</math>.</p>	а	
		<p>Уравнение Генри описывается выражением:</p> <p><b>а)</b> <math>a = K_{HP}</math> или <math>a = K_{HC}</math>.</p> <p><b>б)</b> <math>a = K_H/p</math> или <math>a = K_H/c</math>.</p> <p><b>в)</b> <math>a = K_H^p</math> или <math>a = K_H^c</math>.</p> <p><b>г)</b> <math>a = K_H - p</math> или <math>a = K_H - c</math>.</p>	а	
		<p>Величину адсорбции из газовой фазы измеряют:</p> <p><b>а)</b> объемным методом.</p> <p><b>б)</b> амперометрическим методом.</p> <p><b>в)</b> весовым методом.</p> <p><b>г)</b> поляриметрическим методом.</p>	а,в	
		<p>Изменение свободной энергии Гиббса (<math>G</math>) двухфазной системы можно выразить формулой:</p> <p><b>а)</b> <math>dG^\alpha = S^\alpha dT + \sigma ds + \sum_i \mu_i dn_i^\alpha</math>.</p> <p><b>б)</b> <math>dG^\alpha = S^\alpha dT + \sigma ds - \sum_i \mu_i dn_i^\alpha</math>.</p> <p><b>в)</b> <math>dG^\alpha = (S^\alpha dT / \sigma ds) - \sum_i \mu_i dn_i^\alpha</math>.</p> <p><b>г)</b> <math>dG^\alpha = (S^\alpha dT / \sigma ds) \cdot \sum_i \mu_i dn_i^\alpha</math>.</p>	а	
		<p>Какие из утверждений являются <u>верными</u>:</p> <p><b>а)</b> малые теплоты (2 – 6 ккал/моль для простых молекул, 10 – 20 ккал/моль для сложных молекул) соответствуют физической адсорбции, большие теплоты (20 – 100 ккал/моль) – химической адсорбции.</p> <p><b>б)</b> физическая адсорбция происходит медленно, с энергией активации, а химическая – быстро, без энергии активации.</p> <p><b>в)</b> физическая адсорбция происходит вблизи точки кипения адсорбата, а химическая – при</p>	а, в, г	

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		более высоких температурах. г) при высоких температурах химическая адсорбция бывает обратимой.		
		<p>На графике, представленном ниже, кривая, соответствующая физической адсорбции, обозначена цифрой:</p>	2	
		<p>Вблизи от равновесия реакции <math>A \leftrightarrow B</math> катализатор ускоряет:</p> <p>а) реакцию <math>A \rightarrow B</math>.  б) реакцию <math>B \leftarrow A</math>.  в) в равной степени реакцию <math>A \rightarrow B</math> и <math>B \leftarrow A</math>.  г) не ускоряет ни одну из выше обозначенных.</p>	в	
		<p>Выберите одно <i>верное</i> утверждение:</p> <p>а) энергия координационной связи выше, чем энергия ковалентной связи.  б) энергия координационной связи ниже, чем энергия ковалентной связи.  в) энергия координационной связи равна энергии ковалентной связи.</p>	б	
		<p>Описал и разработал превращение крахмала в сахар при нагреве с разбавленной серной кислотой:</p> <p>а) К. С. Кирхгоф.  б) Л. Тенар.  в) Э. Дэви.  г) И. В. Дёберейнер.</p>	а	
		<p>В 1912 г. Нобелевской премии за работы в области катализа был удостоен:</p> <p>а) Я. Вант-Гофф.  б) С. Аррениус.  в) П. Сабатье.  г) В. Н. Ипатьев.</p>	в	

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		Мультиплетную теорию катализа предложил: а) Х. С. Тейлор. б) А. А. Баландин. в) С. Н. Хиншелвуд. г) Н. Н. Семенов.	б	
		Первую теорию приготовления катализаторов (теорию пересыщения) создал: а) С. З. Рогинский. б) В. В. Воеводский. в) Ф. Ф. Волькенштейн. г) Г. К. Боресков.	а	
		Согласно Рогинскому, каталитические реакции можно разделить на: а) окислительно-восстановительные (одноэлектронные). б) гомофазные. в) кислотно-основные (ионные). г) гетерофазные.	А, г	
		Гомолитический разрыв связи О–Н в молекуле воды приводит к образованию: а) $\text{H}^\bullet + \text{OH}^\bullet$ . б) $\text{H}^+ + \text{OH}^-$ . в) $\text{O}_2^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$ . г) $\text{H}^+ + \text{:OH}$ .		

#### 7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
<b>Основной блок</b>				
2	Ответы на практических занятиях	<b>10</b>	<b>80</b>	по расписанию
3	Защита реферата		<b>20</b>	по расписанию
<b>ИТОГО</b>			<b>100</b>	-

**Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)**

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-5
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-5
<i>Неготовность к занятию</i>	-5
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-5

**Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)**

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	Зачтено
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

При реализации дисциплины в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

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

### **8.1. Основная литература**

- Хайрутдинов Ф.Г., Синтез лекарственных веществ [Электронный ресурс] / Ф.Г. Хайрутдинов и др. - Казань: Издательство КНИТУ, 2014. - 136 с. - ISBN 978-5-7882-1620-1 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788216201.html> (ЭБС «Консультант студента»).
- Бухаров С.В., Химия и технология продуктов тонкого органического синтеза [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Бухаров, Г.Н. Нугуманова. - Казань: Издательство КНИТУ, 2013. - 268 с. - ISBN 978-5-7882-1436-8 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214368.html> (ЭБС «Консультант студента»).

### **8.2. Дополнительная литература:**

- Смит В.А., Основы современного органического синтеза [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Смит, А.Д. Дильман. - 4-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2015. - 753 с. - ISBN 978-5-9963-2369-2 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323692.html> (ЭБС «Консультант студента»).
- Журавлева М.В., Катализ в органической технологии : учебное пособие / М.В. Журавлева, Г.Ю. Климентова, О.В. Зиннурова, А.А. Фирсин - Казань : Издательство КНИТУ, 2016. - 160 с. - ISBN 978-5-7882-1983-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788219837.html> (ЭБС «Консультант студента»).

### **8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины**

**Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента».** Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований. [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru). *Регистрация с компьютеров АГУ*

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Практические занятия по дисциплине «Катализ в тонком органическом синтезе лекарственных средств» проводятся в аудитории, снабженной доской, компьютером и проектором.

Рабочая программа дисциплины при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).