

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.02**

(индекс дисциплины)

**Дополнительные главы химии: катализ в органической химии  
и технологии органических веществ**

(Наименование дисциплины)

Кафедра: **12** Органической химии

Код

(Наименование кафедры)

Направление подготовки: 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Химия и технология продуктов тонкого органического синтеза

Уровень образования: магистратура

### План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	<b>144</b>		
	Аудиторные занятия	<b>36</b>		
	Лекции	18		
	Лабораторные занятия	18		
	Практические занятия			
	Самостоятельная работа	<b>72</b>		
	Промежуточная аттестация	<b>36</b>		
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	1		
	Зачет			
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>4</b>		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная	<b>4</b>									
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению 180401 Химическая технология

и на основании учебного плана № m180401.12-12\_20

Кафедра-разработчик: Органической химии

Заведующий кафедрой: Тришин Ю.Г.

### **СОГЛАСОВАНИЕ:**

Выпускающая кафедра: Органической химии

Заведующий кафедрой: Тришин Ю.Г.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области каталитических явлений, протекающих в процессах химической технологии продуктов тонкого органического синтеза.

## 1.3. Задачи дисциплины

- Сформировать прочные знания о типах и видах катализа, свойствах, строении и применении различных катализаторов, о связи активности и селективности катализатора с его составом и строением.
- Рассмотреть важнейшие концепции катализа в органической химии, классификации катализаторов по принципу их действия на органические субстраты, механизмы основных гомогенно- и гетерогенно-каталитических реакций и процессов.
- Привить студентам практические навыки применения каталитических систем и исследования свойств катализаторов.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОК-8	способность находить творческие решения социальных и профессиональных задач, готовность к принятию нестандартных решений	1, 2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основные теории каталитических процессов, 2) основы химического поведения и типы катализаторов, 3) наиболее важные направления практического использования катализаторов; Уметь: 1) использовать полученные знания о каталитических системах в практической деятельности в качестве специалиста в области химии и технологии тонкого органического синтеза; 2) подбирать катализаторы к различным химико-технологическим процессам. Владеть: 1) навыками экспериментальной работы с каталитическими системами, 2) современными методами исследования катализаторов и их применением в технологии тонкого органического синтеза;		
ОПК-3	способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки	1
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) инструментальные методы, используемые при изучении каталитических процессов. Уметь: 1) применять методы корреляционного анализа и конформационной химии применительно к катализу. Владеть: 1) инструментальными методами исследования каталитических процессов в растворах и на твердой поверхности		
ПК-4	готовностью к решению профессиональных	2

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
	производственных задач - контролю технологического процесса, разработке норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, к выбору оборудования и технологической оснастки	

#### Планируемые результаты обучения

##### Знать:

- 1) основные реакционные процессы и реакторы химической технологии;
- 2) современные методы теоретического и экспериментального исследования в различных разделах химии, методами определения состава, структуры вещества, механизма химических процессов, их теоретические основы, возможности и границы применимости;
- 3) основные понятия теории управления технологическими процессами.

##### Уметь:

- 1) описывать активность каталитических систем в терминах квантово-химической концепции;
- 2) анализировать, оценивать и прогнозировать экономические эффекты и последствия реализуемой и планируемой деятельности;
- 3) выбрать метод исследования для заданной научной и технологической задачи, спланировать и провести экспериментальное исследование, провести интерпретацию результатов исследования.

##### Владеть:

- 1) методами и алгоритмами оптимизации, а также соответствующими пакетами прикладных программ для оптимизации задач исследования, проектирования и управления химическими производствами;
- 2) навыками проведения исследований с помощью современных физических и физико-химических методов.

ПК-5	готовностью к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению	2
------	--	---

#### Планируемые результаты обучения

##### Знать:

- 1) основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях,
- 2) методику выбора реактора и расчета процесса в нем;
- 3) основные реакционные процессы и реакторы химической технологии.

##### Уметь:

- 1) рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства;
- 2) произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса;
- 3) определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.

##### Владеть:

- 1) методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования;
- 2) методами выбора химических реакторов.

#### 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

Дисциплина базируется на компетенциях, сформированных на предыдущем уровне образования.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание	Объем (часы)
---------------------------	--------------

учебных модулей, тем и форм контроля	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Феноменология катализа</b>			
Тема 1. Феноменология каталитических явлений Внешние проявления каталитических эффектов в области стехиометрии и механизма, энергетических эффектов и характеристик, кинетике химических превращений. Условия проявления каталитических эффектов. Ограничения явления катализа.	12		
Тема 2. Методы описания каталитических реакций Схемы каталитических реакций. Каталитические циклы. Каталитическая активность и способы ее количественного выражения. Методы измерения активности. Методы глобального описания: оператор эволюции и релаксационное уравнение. Спектр релаксации. Элементарные релаксаторы.	9		
Тема 3. Теоретические модели катализа 1. Локальный и глобальный подходы. Локальные и глобальные подходы к задаче описания каталитических явлений. Сравнительный анализ их особенностей, преимуществ и недостатков. 2. Химические теории катализа. Химическое взаимодействие "субстрат – катализатор", его особенности. Активные центры катализатора, их типы и строение. Каталитические комплексы, их типы, особенности химических связей в каталитических комплексах. Принципы соответствия: электронного, энергетического и геометрического. 3. Физические теории катализа. Энергетическое взаимодействие "субстрат – катализатор". Деформационный и резонансный типы каталитического действия. Проблема энергетической регенерации катализатора. Рекуперация энергии в каталитических реакциях. 4. Квантово-механическая точка зрения на катализ. Адиабатические и не-адиабатические процессы. Разрешенные и запрещенные элементарные химические акты. Правила отбора в синхронных реакциях (симметрия и законы сохранения). Методы снятия запретов. 5. Катализ как релаксационное явление. Релаксация неравновесных систем. Динамические режимы и переходы между ними: критический характер, влияние внешних и внутренних факторов. 6. Теория катализаторов. Корреляции каталитических свойств веществ с их химическим составом и строением. Методы рационального подбора катализаторов.	16		
<b>Текущий контроль 1 (устный опрос)</b>	1		
<b>Учебный модуль 2. Виды катализа</b>			
Тема 4. Гомогенный катализ 1. Основные особенности гомогенного катализа. Гомогенные каталитические системы. Гомогенные катализаторы, их типы и строение. Молекулярный характер гомогенных катализаторов. 2. Газофазный гомогенный катализ. Газообразные системы и каталитические реакции. Примеры газофазного катализа. Механизм каталитического действия. 3. Жидкофазный гомогенный катализ. а) Кислотно-основный катализ в растворах. Катализаторы, природа каталитического действия. Типы химических реакций. Примеры каталитических процессов. б) Металлокомплексный катализ. Комплексы переходных металлов (КПМ), особенности их состава и строения. Стадии каталитического процесса с участием КПМ, каталитические циклы. Принципы соответствия в металлокомплексном катализе. Примеры реакций: гидрирование, изомеризация, окисление, гидроформилирование. в) Гетерогенный металлокомплексный катализ. Гетерогенизация КПМ на твердых носителях. Способы гетерогенизации. Основные особенности строения и каталитического действия гетерогенизированных КПМ.	18		
Тема 5. Гетерогенный катализ 1. Основные особенности гетерогенных каталитических систем.	18		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<p>Многофазность и наличие межфазных границ. Градиенты концентрации и температуры, процессы переноса вещества и энергии.</p> <p>2. Типы гетерогенных катализаторов, их особенности.</p> <p>а) Химический состав — металлы и сплавы, бинарные соединения, сложные соединения, смеси и композиции.</p> <p>б) Физическое строение — тип каркаса или решетки, пористость, величина, строение и текстура поверхности, дефекты состава и структуры.</p> <p>в) Геометрия — межатомные расстояния, тип кристаллической ячейки, размеры и форма кристаллитов, зерен, пор, глобул.</p> <p>г) Электронно-энергетические характеристики — проводники, полупроводники и изоляторы, энергия выхода электронов, теплопроводность, поверхностная энергия, наличие неравновесных и метастабильных структур.</p> <p>3. Методы приготовления гетерогенных катализаторов. Химический синтез, введение добавок (промоторы, сокатализаторы, протекторы), формирование физической структуры, тренировка.</p> <p>Эволюция гетерогенных катализаторов в ходе реакции: явления отравления и разработки, их причины, методы стабилизации и регенерации гетерогенных катализаторов.</p> <p>4. Основные стадии гетерогенно-каталитической реакции.</p> <p>а) Диффузия. Типы диффузии. Кинетические области и кривая Зельдовича. Переходы между кинетическими и диффузионными областями.</p> <p>б) Адсорбция. Адсорбционно-десорбционное равновесие, его параметры (адсорбционные коэффициенты, теплота адсорбции и др.). Физическая и химическая адсорбция. Конкурентная адсорбция. Адсорбированное состояние вещества и его реакционная способность.</p> <p>в) Химические превращения на поверхности. Латеральная диффузия и столкновения. Типы кинетических механизмов на поверхности. Ударные механизмы.</p> <p>г) Принципы соответствия в гетерогенном катализе.</p> <p>5. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Статические и проточные установки. Особенности кинетики в статических установках, учет перемешивания. Особенности кинетики в проточных системах. Кинетические режимы. Стационарные и нестационарные режимы, автоколебания.</p>			
<p>Тема 6. Ферментативный, мицеллярный и межфазный катализ</p> <p>1. Ферментативный катализ. Строение молекул фермента. Особенности взаимодействия в каталитическом комплексе "субстрат — фермент". Основные особенности кинетики ферментативных реакций. Иммуобилизация ферментов.</p> <p>2. Мицеллярный катализ. Поверхностно-активные вещества. Мицеллообразование в водных и органических средах. Распределение реагентов в мицеллярном растворе. Природа каталитического эффекта. Области применения мицеллярного катализа.</p> <p>3. Межфазный катализ. Особенности химических реакций в многофазных системах. Процессы переноса через поверхности раздела фаз. Катализаторы-переносчики, механизм их действия.</p>	11		
<b>Текущий контроль 2 (устный опрос)</b>	2		
<b>Учебный модуль 3. Методы описания и исследования катализаторов</b>			
<p>Тема 7. Методы описания катализаторов</p> <p>Избирательность и специфичность катализаторов, их типы и методы количественного выражения. Селективность каталитических реакций и селективность катализаторов, их типы и методы количественного выражения.</p>	7		
<p>Тема 8. Методы исследования катализаторов</p> <p>а) Химический анализ молекулярных и каркасных катализаторов.</p>	13		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
б) Исследование поверхности гетерогенных катализаторов: измерение площади поверхности, измерение поровой структуры, определение кислотно-основных свойств поверхности, определение окислительно-восстановительных свойств поверхности. в) Инструментальные методы исследования гетерогенных катализаторов: ИК- и УФ-спектроскопия, рентгеновская спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, электронно-микроскопические методы.			
<b>Текущий контроль 3</b> (устный опрос)	1		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b> (экзамен)	<b>36</b>		
<b>ВСЕГО:</b>	<b>144</b>		

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 1.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	1	2				
2	1	3				
3	1	2				
4	1	3				
5	1	2				
6	1	2				
7	1	2				
8	1	2				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>18</b>				

#### 1.2. Практические и семинарские занятия

Не предусмотрены

#### 1.3. Лабораторные занятия

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
5	Восстановление на скелетном катализаторе	1	4				
5	Синтез масляного альдегида из н-бутилового спирта	1	4				
6	Каталитическое дегидрирование циклогексана	1	4				
6	Полимеризация стирола	1	2				
8	Дегидратация спиртов	1	4				
<b>ВСЕГО:</b>			<b>18</b>				

### 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено

### 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2,3	Устный опрос	1	3				

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	1	44				
Подготовка к лабораторным занятиям	1	28				
Подготовка к экзамену	1	36				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>72+36</b>				

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Лабораторные занятия	Работа в команде.	5		
<b>ВСЕГО:</b>		5		

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная  балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

#### а) основная учебная литература

1. Романовский Б.В. Основы катализа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Романовский Б.В.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 173 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/37075> ЭБС «IPRbooks»
2. Кристоф Эльшенбройх Металлоорганическая химия [Электронный ресурс]/ Кристоф Эльшенбройх—М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 747 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/37057> ЭБС «IPRbooks»

#### б) дополнительная учебная литература

3. Гончаренко Е.Е. Химическая кинетика и катализ [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ/ Гончаренко Е.Е., Бадаев Ф.З., Голубев А.М.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012.— 52 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31319> ЭБС «IPRbooks»
4. Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Потехин В.М., Потехин В.В.— СПб.: ХИМИЗДАТ, 2014.— 944 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22534> ЭБС «IPRbooks»



## 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. де Векки А.В. Гомогенный катализ в органической химии (теоретические основы, кислотно-основной и металлокомплексный катализ, катализ «окружением»): учебное пособие / ГОУВПО СПбГТУРП. – СПб., 2007. – 137 с.
2. де Векки А.В. Катализ в органической химии (мицеллярный, межфазный, фотокатализ, асимметрический, ферментативный и редокс-катализ): учебное пособие / ГОУВПО СПбГТУРП. – СПб., 2007. – 150 с.
3. де Векки А.В. Основы гетерогенного и нанокатализа: учебное пособие / ГОУВПО СПбГТУРП. – СПб., 2007. – 148 с.

## 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН URL: <http://www.catalysis.ru>.
2. Химический портал URL: <http://chemport.ru>.
3. База данных по патентам URL: <http://www.ep.espacenet.com>.
4. Журнал "Катализ в промышленности" URL: <http://www.kalvis.ru/katalog-izdaniy/zhurnalyi/kataliz-v-promyishlennosti/>
5. Химический редактор формул ACD Lab ChemSketch URL: <http://www.acdlabs.com/resources/freeware/>

## 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

## 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом (ноутбук или персональный компьютер, медиапроектор).

## 8.6. Иные сведения и (или) материалы

Не предусмотрено

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	На лекциях излагается основное содержание дисциплины, формулируются главные понятия и методология предмета. Содержание дисциплины иллюстрируется конкретными примерами, широко используется зарубежный и отечественный опыт по соответствующей тематике
Лабораторные занятия	Подготовка обучающихся к научным исследованиям для решения задач, связанных с изучением свойств каталитических систем, разработкой химико-технологических процессов с использованием катализаторов
Самостоятельная работа	Данный вид работы предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации. Самостоятельная работа выполняется индивидуально, а также может проводиться при участии преподавателя. При подготовке к экзамену необходимо проработать конспекты лабораторных занятий, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя.

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОК-8(1,2)	Называет основные теории каталитических процессов и типы катализаторов, наиболее важные направления практического использования катализаторов. Способен подобрать катализаторы к различным химико-технологическим процессам. Применяет навыки экспериментальной работы с каталитическими системами, современными методами исследования катализаторов.	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (40 вопросов) 2. Практические задания (6 заданий)
ОПК-3(1)	1. Имеет сведения об основных методах, используемых при изучении каталитических процессов 2. Применяет корреляционные методы анализа при изучении каталитических процессов 3. Способен самостоятельно выбрать инструментальный исследования каталитического процесса и воспользоваться им	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (40 вопросов) 2. Практические задания (6 заданий)
ПК-4(2)	1. Имеет представление об основных промышленных каталитических реакционных процессах и реакторах химической технологии, используемых для этих процессов 2. Анализирует показатели работы и эффективности промышленных процессов и реакторов 3. Имеет навыки подбора метода оптимизации промышленного каталитического процесса	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (40 вопросов) 2. Практические задания (6 заданий)
ПК-5(2)	1. Способен изложить основы теории процесса в химическом реакторе 2. Может определить и выбрать оптимальный и рациональный режим каталитического процесса 3. Способен рассчитать основные характеристики химического промышленного каталитического процесса	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (40 вопросов) 2. Практические задания (6 заданий)

### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

#### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
отлично	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание основных принципов каталитической химии и широкую эрудицию в оцениваемой области. Обучающийся может объяснить взаимосвязь основных законов катализа и их значение для последующей профессиональной деятельности. Могут присутствовать несущественные ошибки, не связанные с сутью обсуждаемой проблемы. Критический, оригинальный подход к материалу.

хорошо	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации (материалы практических занятий, рекомендованная литература). Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки, большая часть которых может быть исправлена самостоятельно при устном собеседовании с преподавателем.
удовлетворительно	Ответ неполный, основанный только на материалах практических занятий. может сформулировать законы, понятия и определения каталитической химии. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов
неудовлетворительно	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Неспособность интерпретировать наблюдаемые или описываемые явления с позиций основных положений изученной дисциплины (вне зависимости от успешности выполненного письменного задания).

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

### 10.2.1. Перечень вопросов к экзамену, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Феноменология каталитических явлений. Условия проявления каталитических эффектов. Ограничения явления катализа.	1
2	Локальные и глобальные подходы к задаче описания каталитических явлений. Сравнительный анализ их особенностей, преимуществ и недостатков.	2
3	Химические теории катализа. Химическое взаимодействие "субстрат – катализатор", его особенности.	3
4	Активные центры катализатора, их типы и строение.	3
5	Каталитические комплексы, их типы, особенности химических связей в каталитических комплексах. Принципы соответствия: электронного, энергетического и геометрического.	3
6	Физические теории катализа. Энергетическое взаимодействие "субстрат – катализатор". Деформационный и резонансный типы каталитического действия.	3
7	Проблема энергетической регенерации катализатора. Рекуперация энергии в каталитических реакциях.	3
8	Квантово-механическая точка зрения на катализ. Адиабатические и неадиабатические процессы. Разрешенные и запрещенные элементарные химические акты.	3
9	Правила отбора в синхронных реакциях (симметрия и законы сохранения). Методы снятия запретов.	3
10	Катализ как релаксационное явление. Релаксация неравновесных систем. Динамические режимы и переходы между ними: критический характер, влияние внешних и внутренних факторов.	3
11	Теория катализаторов. Корреляции каталитических свойств веществ с их химическим составом и строением.	3
12	Методы подбора катализаторов.	3
13	Схемы каталитических реакций. Каталитические циклы.	2
14	Каталитическая активность, способы ее количественного выражения, методы измерения.	2
15	Избирательность и специфичность катализаторов, их типы и методы количественного выражения.	2
16	Селективность каталитических реакций и селективность катализаторов, их типы и методы количественного выражения.	2
17	Основные особенности гомогенного катализа. Гомогенные каталитические системы.	4
18	Гомогенные катализаторы, их типы и строение. Молекулярный характер гомогенных катализаторов.	4
19	Кислотно-основный катализ в растворах. Катализаторы, природа каталитического действия. Типы химических реакций. Примеры каталитических процессов.	4
20	Металлокомплексный катализ. Комплексы переходных металлов, особенности их	4

	состава и строения.	
21	Стадии каталитического процесса с участием КПМ, каталитические циклы.	4
22	Принципы соответствия в металлокомплексном катализе. Примеры реакций: гидрирование, изомеризация, окисление, гидроформилирование	4
23	Гетерогенный металлокомплексный катализ. Гетерогенизация КПМ на твердых носителях.	5
24	Способы гетерогенизации. Основные особенности строения и каталитического действия гетерогенизированных КПМ.	5
25	Основные особенности гетерогенных каталитических систем. Многофазность и наличие межфазных границ. Градиенты концентрации и температуры, процессы переноса вещества и энергии.	5
26	Типы гетерогенных катализаторов, их особенности: химический состав, физическое строение, геометрия, электронно-энергетические характеристики.	5
27	Методы приготовления гетерогенных катализаторов. Химический синтез, введение добавок (промоторы, сокатализаторы, протекторы), формирование физической структуры, тренировка.	5
28	Эволюция гетерогенных катализаторов в ходе реакции: явления отравления и разработки, их причины, методы стабилизации и регенерации гетерогенных катализаторов.	5
29	Основные стадии гетерогенно-каталитической реакции: диффузия, адсорбция, химические превращения на поверхности.	5
30	Принципы соответствия в гетерогенном катализе	5
31	Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Статические и проточные установки.	5
32	Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Кинетические режимы. Стационарные и нестационарные режимы.	5
33	Ферментативный катализ. Строение молекул фермента. Особенности взаимодействия в каталитическом комплексе "субстрат — фермент".	6
34	Основные особенности кинетики ферментативных реакций. Иммуобилизация ферментов.	6
35	Мицеллярный катализ. Поверхностно-активные вещества. Мицеллообразование в водных и органических средах.	6
36	Мицеллярный катализ. Распределение реагентов в мицеллярном растворе. Природа каталитического эффекта.	6
37	Области применения мицеллярного катализа.	6
38	Межфазный катализ. Особенности химических реакций в многофазных системах. Процессы переноса через поверхности раздела фаз. Катализаторы-переносчики, механизм их действия.	6
39	Методы исследования катализаторов. Химический анализ молекулярных и каркасных катализаторов.	8
40	Исследование поверхности гетерогенных катализаторов. Инструментальные методы исследования гетерогенных катализаторов: ИК- и УФ-спектроскопия, рентгеновская спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, электронно-микроскопические методы.	7

### 10.2.2 Вариант типовых заданий, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых заданий	Ответ
1	Реакция первого порядка при температуре 70 °С завершается на 40 % за 60 мин. При какой температуре реакция завершится на 80 % за 120 мин, если энергия активации равна 60 кДж/моль?	$T = 351 \text{ K}$
2	В системе $A(g) + 2 B(g) = C(g)$ равновесные концентрации равны $[A] = 0,06$ моль/л, $[B] = 0,12$ моль/л, $[C] = 0,216$ моль/л. Найти константу равновесия реакции и исходные концентрации A и B.	$K = 2.5$ $[A_{исх}] = 0,276$ моль/л, $[B_{исх}] = 0,552$ моль/л.
3	Гидролиз ацетилхолина катализируется ферментом ацетилхолинэстеразой, число оборотов которой составляет $25000 \text{ с}^{-1}$ . Сколько времени потребуется ферменту для расщепления одной молекулы ацетилхолина?	$4 \times 10^{-5} \text{ с}$

4	Адсорбция некоторого газа на поверхности твердого тела описывается изотермой Ленгмюра и при 25 °С характеризуется константой адсорбционного равновесия $K = 0,85 \text{ кПа}^{-1}$ . Рассчитайте давление газа в системе при степени заполнения поверхности газом 0,15.	$P = 0,21 \text{ кПа}$
---	---	------------------------

**10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций**

**10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена и порядок ликвидации академической задолженности**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

**10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная

**10.3.3. Особенности проведения экзамена**

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- Время на подготовку ответа по билету 40 минут, время ответа на билет не более 10 минут.
- Письменный конспект подготовки по билету может быть использован при обязательном устном собеседовании