

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.01.02  
(индекс дисциплины)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Гетерогенный катализ в технологии основного органического и нефтехимического синтеза  
(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)  
18.04.01 Химическая технология

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ ФГОС ВО)  
Химия и технология продуктов основного органического и нефтехимического синтеза  
(направленность (профиль)/специализация)

Форма обучения: очная

Год набора: 2019

### Распределение часов дисциплины по семестрам и видам занятий (по учебному плану)

Количество ЗЕТ	3											
Часов по РУП	108											
Виды контроля в семестрах:	Экзамен		Зачеты			Курсовые проекты		Курсовые работы		Контрольные работы (для заочной формы обучения)		
			2									
	№№ семестров											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Итого
ЗЕТ по семестрам		3										3
Лекции		8										8
Лабораторные												
Практические		32										32
Контактная работа		40										40
Сам. работа		68										68
Контроль												
Итого		108										108

Тольятти, 2019

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВПО/ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности) 18.04.01 Химическая технология  
(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ ФГОС ВО)

**Рецензирование рабочей программы дисциплины:**

☒

Отсутствует

☒

Учебная (рабочая) программа одобрена на заседании кафедры «Химия, химические процессы и технологии» (протокол заседания № 1 от 06 сентября 2018 г.).

☐

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(должность, ученое звание, степень)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

**Срок действия рабочей программы дисциплины до 06 сентября 2021 г.**

**Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:**

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой «Химия, химические процессы и технологии»  
(разработавшей РПД)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Г.И. Остапенко  
(И.О. Фамилия)

**АННОТАЦИЯ**  
**дисциплины (учебного курса)**  
**Б1.В.ДВ.01.02 Гетерогенный катализ в технологии основного**  
**органического и нефтехимического синтеза**  
(индекс и наименование дисциплины (учебного курса))

---

**1. Цель и задачи изучения дисциплины (учебного курса)**

Цель – формирование у студентов представления о гетерогенных каталитических процессах в технологии основного органического и нефтехимического синтеза и гетерогенных катализаторах.

Задачи:

1. Освоение студентами принципов гетерогенного катализа, применяемых в нефтехимии методов получения и исследования катализаторов.
2. Формирование у студентов представления о причинах каталитического действия, элементарных стадиях каталитических реакций.
3. Формирование у студентов знаний о кинетике гетерогенно-каталитических процессов.
4. Формирование представления об основных требованиях к промышленным катализаторам, применяемым в нефтепереработке.

**2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть, дисциплины по выбору).

Дисциплины и учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) – подготовка к защите и процедура защиты ВКР.

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (учебному курсу), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, получать	Знать: -основные тенденции и направления современных проблем науки, техники и технологии, гуманитарных, социальных и экономических наук;
	Уметь: – совершенствовать и развивать свой

знания в области современных проблем науки, техники и технологии, гуманитарных, социальных и экономических наук (ОК-4)	интеллектуальный и общекультурный уровень, получать знания в области современных проблем науки, техники и технологии, гуманитарных, социальных и экономических наук;
	Владеть: – навыками анализа исследования в области современных проблем науки, техники и технологии, гуманитарных, социальных и экономических наук;
способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей (ПК-1)	Знать: – методы получения катализаторов, применяемых в технологии продуктов основного органического и нефтехимического синтеза.
	Уметь: – описывать механизмы каталитических реакций на примере кислотно-основного катализа и окислительно-восстановительного катализа.
	Владеть: – методиками изучения свойств катализаторов.
готовность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи (ПК-2)	Знать: – теоретические основы катализа, методы получения катализаторов, применяемых в технологии продуктов основного органического и нефтехимического синтеза.
	Уметь: – находить подходы к решению фундаментальных и прикладных задач в области катализа.
	Владеть: – навыками работы с учебной, учебно-методической и научной литературой.
способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты (ПК-3)	Знать: – способы испытания каталитической активности.
	Уметь: – применять и использовать полученные знания в профессиональной деятельности.
	Владеть: – навыками работы с современными приборами, используемыми при изучении свойств катализаторов.

### Тематическое содержание дисциплины (учебного курса)

Раздел, модуль	Подраздел, тема
<b>Модуль 1.</b> Общие положения катализа. Адсорбция. Кинетика каталитических реакций.	Классификация каталитических процессов и катализаторов по механизму и подбор катализаторов. Катализ и термодинамика. Адсорбция. Виды адсорбции. Способы определения удельной поверхности дисперсных тел. Хемосорбция. Адсорбция на неоднородной поверхности. Десорбция. Кинетика каталитических реакций. Определение активности, селективности, элементарного акта.
	Методы измерений каталитической активности. Стационарный и квазистационарный режимы катализа. Ленгмюровская кинетика каталитических реакций. Кинетика сложных реакций по М. И. Темкину. Диффузионная кинетика. Каталитические реакции в нестационарном режиме. Промежуточные соединения в гетерогенном катализе. Кинетика и механизм элементарных актов на поверхности.
<b>Модуль 2.</b> Приготовление и функционирование катализаторов. Промышленные каталитические процессы и катализаторы.	Приготовление и функционирование катализаторов. Основные требования к промышленному катализатору. Пористая структура катализаторов. Методы приготовления катализаторов. Форма и размер гранул. Механическая прочность катализаторов. Деактивация катализаторов.
	Кислотно-основный катализ. Катализ соединениями переходных металлов. Катализ на оксидах и каталитическое окисление. Катализ на металлах и реакции с участием водорода.

**Общая трудоемкость дисциплины (учебного курса) – 3 ЗЕТ.**

#### 4. Структура и содержание дисциплины: Б1.В.ДВ.01.02 Гетерогенный катализ в технологии основного органического и нефтехимического синтеза

(наименование дисциплины (учебного курса))

Семестр изучения: 2

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы							Необходимые материально-технические ресурсы	Формы текущего контроля	Рекомендуемая литература (№)
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведения лекций, лабораторных и практических занятий, методы обучения, реализующие применяемую образовательную технологию	в часах	формы организации самостоятельной работы			
		лекций	лабораторных	практических							
Модуль 1. Общие положения катализа. Адсорбция. Кинетика каталитических реакций	Классификация каталитических процессов и катализаторов по механизму и подбор катализаторов. Катализ и термодинамика. Адсорбция. Виды адсорбции. Способы определения удельной поверхности дисперсных тел. Хемосорбция. Адсорбция на неоднородной поверхности. Десорбция. Кинетика каталитических реакций.	2				Лекция – консультация.		Проработка лекционного материала и рекомендуемой литературы согласно Методическим рекомендациям студенту	Мульти-медийный проектор.		1–3
	Практическая работа № 1. Расчет удельной поверхности катализатора на основании экспериментальных данных.			8		Выполнение расчетного задания.	17	Проработка лекционного материала и рекомендуемой литературы согласно Методическим рекомендациям студенту		Собеседование по соответствующим разделам модуля Отчет по практической работе.	1–3
	Методы измерений каталитической активности. Стационарный и квазистационарный режимы катализа. Ленгмюровская кинетика каталитических реакций. Кинетика сложных реакций по М. И. Темкину. Диффузионная кинетика. Каталитические реакции в нестационарном режиме. Промежуточные соединения в гетерогенном катализе. Кинетика и механизм элементарных актов на поверхности.	2				Лекция с элементами дискуссии.		Проработка лекционного материала и рекомендуемой литературы согласно Методическим рекомендациям студенту	Мульти-медийный проектор.		1–3

	Практическая работа № 2. Расчет констант скоростей гетерогенных каталитических реакций.			8		Выполнение расчетного задания.	17	Проработка лекционного материала и рекомендуемой литературы согласно Методическим рекомендациям студенту		Собеседование по соответствующим разделам модуля Отчет по практической работе.	1–3
Модуль 2. Приготовление и функционирование катализаторов. Промышленные каталитические процессы и катализаторы.	Приготовление и функционирование катализаторов. Основные требования к промышленному катализатору. Пористая структура катализаторов. Методы приготовления катализаторов. Форма и размер гранул. Механическая прочность катализаторов. Дезактивация катализаторов.	2				Лекция с элементами дискуссии.		Проработка лекционного материала и рекомендуемой литературы согласно Методическим рекомендациям студенту	Мультимедийный проектор.		1–3
	Практическая работа № 3. Решение расчетных задач (определение активности и селективности катализаторов по экспериментальным данным).			4		Выполнение расчетного задания.	10	Проработка лекционного материала и рекомендуемой литературы согласно Методическим рекомендациям студенту		Собеседование по соответствующим разделам модуля Отчет по практической работе.	1–3
	Кислотно-основный катализ. Катализ соединениями переходных металлов. Катализ на оксидах и каталитическое окисление. Катализ на металлах и реакции с участием водорода.	2				Лекция с элементами дискуссии.		Проработка лекционного материала и рекомендуемой литературы согласно Методическим рекомендациям студенту	Мультимедийный проектор.		1–3
	Практическая работа № 4. Решение расчетных задач (кислотно-основный катализ).			8		Выполнение расчетного задания.	7	Проработка лекционного материала и рекомендуемой литературы согласно Методическим рекомендациям студенту		Собеседование по соответствующим разделам модуля Отчет по практической работе.	1–3
	Практическая работа № 5. Консультация. Защита отчетов о выполнении практических работ № 3 и № 4.			4		Защита расчетного задания.	17	Проработка лекционного материала и рекомендуемой литературы согласно Методическим рекомендациям студенту		Собеседование по соответствующим разделам модуля. Отчет по практической работе.	1–3
<b>Итого: 108</b>		<b>8</b>		<b>32</b>			<b>68</b>				
		<b>40</b>									

## 5. Критерии и нормы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Собеседование по разделам модулей 1 – 3 на практических занятиях и предоставление отчетов по практическим работам	Допускаются все студенты	«зачтено»	Расчеты проведены с небольшими отклонениями, правильно даны ответы минимум на 3 вопроса из 5 по разделу модуля, заданных преподавателем (задается не менее 5 вопросов)
		«не зачтено»	Неверно проведены расчеты и не изложены соответствующие теоретические положения (даны ответы менее, чем на 3 вопроса из 5, заданных преподавателем)

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
зачет (устно)	Зачеты по практическим работам	«зачтено»	Отвечает более чем на 80% вопросов из списка вопросов к зачету (задается не менее 10 вопросов)
		«не зачтено»	Отвечает менее чем на 80% вопросов из Списка вопросов к зачету (задается не менее 10 вопросов)



## 6. Критерии и нормы оценки курсовых работ (проектов)

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

## 7. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

Письменные работы учебным планом не предусмотрены.

## 8. Вопросы к зачету

№ п/п	Вопрос
1	Катализаторы в промышленных процессах и их значение для химической промышленности. Классификация катализаторов.
2	Каталитические процессы на химических предприятиях г. Тольятти.
3	Физическая адсорбция. Критерии физической и химической адсорбции.
4	Теплота адсорбции.
5	Кинетика физической сорбции. Адсорбционная теория Лэнгмюра.
6	Нелэнгмюровские изотермы сорбции.
7	Определение удельной поверхности и пористости дисперсных тел.
8	Химическая адсорбция (хемосорбция). Термодинамика хемосорбции..
9	Кинетика хемосорбции. Селективная хемосорбция для определения поверхности.
10	Адсорбция на неоднородной поверхности.
11	Теория процессов на неоднородной поверхности. Экспериментальные методы доказательства неоднородности поверхности.
12	Десорбция. Кинетика десорбции.
13	Термодесорбция.
14	Кинетика гетерогенно-каталитических процессов.
15	Модель Лэнгмюра-Хиншельвуда и Или-Ридиела.
16	Макрокинетика гетерогенных процессов.
17	Внешняя диффузия. Внутренняя диффузия.
18	Теория абсолютных скоростей и ее применение к катализу.
19	Поверхность потенциальной энергии. Активированный комплекс.
20	Расчет скорости реакций по теории абсолютных скоростей. Теория абсолютных скоростей для реакции на поверхности.
21	Число активных центров. Границы применения теории абсолютных скоростей.
22	Основные требования к промышленному катализатору. Пористая структура форма и размер гранул катализаторов.
23	Механическая прочность катализаторов. Дезактивация катализаторов.
24	Кислоты и основания. Методы определения кислотных и основных

	центров на поверхности.
25	Кислотные и основные катализаторы и их активные центры.
26	Цеолиты и другие молекулярные сита. Иониты.
27	Сверхкислоты и сверхоснования.
28	Дегидратация спиртов. Превращение спиртов в углеводороды.
29	Строение комплексов переходных металлов. Экспериментальные методы исследования атомов переходных металлов в оксидах.
30	Применение теории кристаллического поля лигандов к явлениям адсорбции и катализа.
31	Поверхность оксидов переходных металлов.
32	Иммобилизованные комплексы переходных металлов.
33	Каталитическая полимеризация олефинов. Реакции с учетом координированного монооксида углерода.
34	Общие характеристики каталитического окисления. Энергетические уровни ионов переходных металлов в оксидах.
35	Дефекты в оксидах переходных металлов.
36	Особенности кинетики каталитического окисления.
37	Активация кислорода на поверхности оксидных катализаторов окисления.
38	Каталитическое окисление простых молекул.
39	Парциальное окисление олефинов и других органических соединений молекулярным кислородом.
40	Парциальное окисление алканов молекулярным кислородом.
41	Парциальное окисление альтернативными окислителями.
42	Глубокое окисление углеводородов.
43	Каталитическая очистка от вредных газов.
44	Электронное строение переходных металлов.
45	Экспериментальные методы изучения поверхности переходных металлов и адсорбция молекул на ней.
46	Чистая поверхность металлов. Адсорбция на переходных металлах.
47	Простейшие каталитические реакции на переходных металлах.
48	Сплавы. Нанесенные металлы.
49	Каталитическое гидрирование.
50	Синтез аммиака.

## **9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **9.1. Паспорт фонда оценочных средств**

<b>№ п/п</b>	<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или ее части)</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
1	Модуль 1. Общие положения катализа. Адсорбция. Кинетика каталитических реакций.	ОК-2, ПК-1,2,3	Собеседование по теоретическому материалу и предоставление отчетов по практическим работам
2	Модуль 2. Приготовление и функционирование катализаторов. Промышленные каталитические процессы и катализаторы.	ОК-2, ПК-1,2,3	Собеседование по теоретическому материалу и предоставление отчетов по практическим работам

### **9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **9.2.1. Комплект отчетов по практическим работам**

**Практическое занятие 1.** Расчет удельной поверхности катализатора на основании экспериментальных данных.

**Практическое занятие 2.** Расчет констант скоростей гетерогенных каталитических реакций.

**Практическое занятие 3.** Решение расчетных задач (определение активности и селективности катализаторов по экспериментальным данным).

**Практическое занятие 4.** Решение расчетных задач (кислотно-основной катализ).

**Практическое занятие 5.** Консультация. Защита отчетов о выполнении практических работ № 3 и № 4.

Отчет должен содержать следующие элементы:

- титульный лист с указанием номера и названия работы; Ф.И.О. и номер группы студента; Ф.И.О., ученую степень, звание и должность преподавателя, принимающего работу;
- цели работы;
- уравнения, которые используются в данной практической работе;
- результаты расчетов;
- выводы (заключение) по проделанной работе, конкретно отражающие полученный результат;
- список использованных литературных источников в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.

### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если он подготовил полный отчет по практической работе и в процессе защиты даны ответы не менее чем на 80% вопросов по теме практической работы, заданных преподавателем (задается не менее 5 вопросов).

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он неверно оформил отчет по практической работе, или в процессе защиты даны ответы менее, чем на 80% вопросов по теме практической работы, заданных преподавателем (задается не менее 5 вопросов).

### 9.2.2. Комплект материалов для собеседования:

№ п/п	Вопросы
Модуль 1. Общие положения катализа. Адсорбция. Кинетика каталитических реакций.	
1	Катализаторы в промышленных процессах и их значение для химической промышленности. Каталитические процессы на химических предприятиях г. Тольятти. Классификация катализаторов.
2	Физическая адсорбция. Критерии физической и химической адсорбции. Теплота адсорбции.
3	Кинетика физической сорбции. Адсорбционная теория Лэнгмюра. Нелэнгмюровские изотермы сорбции.
4	Определение удельной поверхности и пористости дисперсных тел.
5	Химическая адсорбция (хемосорбция). Термодинамика хемосорбции. Кинетика хемосорбции. Селективная хемосорбция для определения поверхности.
6	Адсорбция на неоднородной поверхности. Теория процессов на неоднородной поверхности. Экспериментальные методы доказательства неоднородности поверхности.
7	Десорбция. Кинетика десорбции. Термодесорбция.
8	Кинетика гетерогенно-каталитических процессов.
9	Модель Лэнгмюра-Хиншельвуда и Или-Ридиела.
10	Макрокинетика гетерогенных процессов. Внешняя диффузия. Внутренняя диффузия.
11	Теория абсолютных скоростей и ее применение к катализу. Поверхность потенциальной энергии. Активированный комплекс.
12	Расчет скорости реакций по теории абсолютных скоростей. Теория абсолютных скоростей для реакции на поверхности. Число активных центров. Границы применения теории абсолютных скоростей.
Модуль 2. Приготовление и функционирование катализаторов. Промышленные каталитические процессы и катализаторы.	
1	Основные требования к промышленному катализатору. Пористая структура форма и размер гранул катализаторов. Механическая

	прочность катализаторов. Дезактивация катализаторов.
2	Кислоты и основания. Методы определения кислотных и основных центров на поверхности. Кислотные и основные катализаторы и их активные центры.
3	Цеолиты и другие молекулярные сита. Иониты. Сверхкислоты и сверхоснования. Дегидратация спиртов. Превращение спиртов в углеводороды.
4	Строение комплексов переходных металлов. Экспериментальные методы исследования атомов переходных металлов в оксидах. Применение теории кристаллического поля лигандов к явлениям адсорбции и катализа.
5	Поверхность оксидов переходных металлов. Имобилизованные комплексы переходных металлов. Каталитическая полимеризация олефинов. Реакции с учетом координированного монооксида углерода.
6	Общие характеристики каталитического окисления. Энергетические уровни ионов переходных металлов в оксидах. Дефекты в оксидах переходных металлов. Особенности кинетики каталитического окисления.
7	Активация кислорода на поверхности оксидных катализаторов окисления. Каталитическое окисление простых молекул.
8	Парциальное окисление олефинов и других органических соединений молекулярным кислородом. Парциальное окисление алканов молекулярным кислородом.
9	Парциальное окисление альтернативными окислителями. Глубокое окисление углеводородов. Каталитическая очистка от вредных газов.
10	Электронное строение переходных металлов. Экспериментальные методы изучения поверхности переходных металлов и адсорбция молекул на ней. Чистая поверхность металлов. Адсорбция на переходных металлах.
11	Простейшие каталитические реакции на переходных металлах. Сплавы. Нанесенные металлы. Каталитическое гидрирование. Синтез аммиака.
12	Основные требования к промышленному катализатору. Пористая структура форма и размер гранул катализаторов. Механическая прочность катализаторов. Дезактивация катализаторов.
13	Кислоты и основания. Методы определения кислотных и основных центров на поверхности. Кислотные и основные катализаторы и их активные центры.
14	Цеолиты и другие молекулярные сита. Иониты. Сверхкислоты и сверхоснования. Дегидратация спиртов. Превращение спиртов в углеводороды.
15	Строение комплексов переходных металлов. Экспериментальные методы исследования атомов переходных металлов в оксидах. При-

### 9.2.3. Комплект контрольных вопросов

1. Сформулируйте правило Борескова о приблизительном постоянстве удельной каталитической активности веществ.
2. По какому принципу классифицируются гетерогенные катализаторы? Какие реакции относятся к процессам: а) окисления-восстановления; б) кислотно-основного типа? Какие катализаторы используются в этих процессах?
3. Объясните механизм действия бифункционального катализатора в процессе риформинга бензиновых фракций.
4. Сформулируйте основные положения адсорбционной теории Лэнгмюра. В чем заключается кинетически закон действующих поверхностей?
5. При каком значении давления  $p$  степень заполнения поверхности  $\Theta$  равна  $1/2$ , а касательная к начальному участку кривой Лэнгмюра достигает значения  $\Theta = 1$ ?
6. Покажите, что для определения параметров уравнения Лэнгмюра удобно использовать графические способы в следующих координатах: а)  $(1/a, 1/p)$ ; б)  $(p/a, p)$ ; в)  $(a, a/p)$ .
7. Какой вид имеют уравнения для изотерм: а) Генри; б) Фрейндлиха; в) в логарифмической форме?
8. Сформулируйте в аналитическом виде первый и второй законы Фика.
9. От каких величин зависит параметр Тиле  $h$ ?
10. Какое соотношение между энергиями активации в указанных выше внутренних областях получено в рамках задачи Тиле?
12. В какой области «работает» катализатор, если для степени использования его внутренней поверхности  $f_{1/2}$  в задаче Зельдовича выполняется соотношение  $1 - f_{1/2} \leq 0.01$ .
13. При каких значениях фактора эффективности  $f$  в задаче Тиле каталитический процесс протекает во внешнекинетической и внешнедиффузионной областях?
14. Объясните, почему устойчивость комплексов металлов  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{3+}$  для следующих лигандов изменяется в рядах:  
 $\text{F}^- > \text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$ ;  $\text{O} > \text{S} > \text{Se} > \text{Te}$   
а для металлов  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Rh}^+$ ,  $\text{Pd}^{2+}$ ,  $\text{Pt}^{2+}$  порядок устойчивости комплексов изменяется на противоположный.
15. Постройте энергетическую диаграмму молекулярных орбиталей для комплекса  $[\text{CoF}_6]^{3-}$ ,  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ .
16. Объясните, почему при координации молекул  $\text{HX}$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ROH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{RCOOH}$  и др.) происходит повышение их кислотных свойств. Влияет ли степень окисления металла-комплексобразователя на кислотные свойства комплекса? Покажите на примере.

17. Объясните природу электронного взаимодействия с ненасыщенной органической молекулой в следующих комплексах:  $[\text{PtCl}_3(\text{C}_2\text{H}_4)_2]^-$ ,  $[\text{Pt}(\text{PPh}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_4)_2]$ ,  $[\text{Pt}(\text{PPh}_3)_2(\text{C}_2\text{F}_4)_2]$ . Изменяется ли длина связи  $\text{C}=\text{C}$ ?
18. Объясните, почему аквакомплекс  $\text{Co}(\text{III})$  окисляет воду с выделением кислорода, а гексацианид  $\text{Co}(\text{II})$  окисляется водой с выделением водорода.
19. При гидрировании бутадиена в присутствии катализатора  $\text{HCo}(\text{CN})_5$  образуется бутен-1, *цис*- и *транс*-бутен-2. Напишите механизм реакции.
20. При гидрировании пентена-2 образуется капроновый альдегид. Предложите катализатор и механизм реакции.

## **10. Образовательные технологии и методические указания по освоению дисциплины (учебного курса)**

В процессе изучения дисциплины используется технология традиционного обучения (лекции, семинары, практические занятия, самостоятельная работа), которая является основной, а также интерактивные технологии, включающие в себя лекции с элементами дискуссии, практические занятия с решением ситуационных задач с последующим обсуждением результатов деятельности.

В соответствии с ФГОС ВО при изучении этого курса предусмотрены лекционные, практические занятия и самостоятельная работа. Лекции и самостоятельная работа направлены на теоретическую подготовку, практические занятия ориентированы на практическую подготовку студентов.

### **Методические рекомендации студенту по изучению дисциплины**

Модуль 1. Общие положения катализа. Адсорбция. Кинетика каталитических реакций.

Темы лекционных занятий:

Общие положения катализа. Адсорбция. Кинетика каталитических реакций.

Темы практических занятий:

Физическая и химическая адсорбция. Кинетика гетерогенно-каталитических процессов. Приготовление и функционирование катализаторов. Макрокинетика гетерогенных процессов.

Изучив данный модуль, студент должен понимать теорию процессов на неоднородной поверхности; понимать сущность теории переходного состояния; понимать основные методы приготовления промышленных катализаторов и требования, предъявляемые к промышленным гетерогенным катализаторам; иметь представления об основных типах промышленных гетерогенных катализаторов;

- знать:

- основные научные и технические проблемы технологии каталитических процессов;
- теоретические основы катализа;
- основные мировые достижения в области катализа;
- основные требования и стандарты к промышленным катализаторам, способы их приготовления и модификации.
- основные промышленные каталитические процессы.
- методы исследования свойств промышленных катализаторов;
- физико-химические основы технологий каталитической переработки сырья для нужд региона;
- выбор технологии гетерогенных катализаторов для процессов переработки углеводородного сырья;  
- уметь:
- применять катализаторы для проведения каталитических органических и неорганических реакций; описывать механизмы каталитических реакций на примере кислотно-основного катализа и окислительно-восстановительного катализа;
- находить подходы к решению фундаментальных и прикладных задач в области катализа,
- применять и использовать полученные знания в профессиональной деятельности;  
- владеть:
- понятийным аппаратом дисциплины;
- основами кинетики гетерогенно каталитических процессов;
- методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов;
- навыками работы с учебной и учебно-методической литературой.

Методические рекомендации по изучению тем модуля: при освоении тем модуля необходимо

- изучить учебный материал по дисциплине "Промышленный катализ", используя лекционный и материал и материал библиотечного фонда по данной тематике;
- ответить на контрольные вопросы:
  1. Какие реакции называются гетерогенными? Приведите примеры.
  2. Какое понятие используют для объяснения каталитического действия в гетерогенном катализе? Охарактеризуйте его.
  3. В чем заключается основа каталитического действия?
  4. Какие факторы определяют активность гетерогенного катализатора?
  5. Сформулируйте правило Борескова о приблизительном постоянстве удельной каталитической активности веществ.
  6. По какому принципу классифицируются гетерогенные катализаторы? Какие реакции относятся к процессам: а) окисления-восстановления; б) кислотно-основного типа? Какие катализаторы используются в этих процессах?



7. В чем заключается отличие каталитических реакций с твердыми кислотами от аналогичных реакций в растворе?
8. Дайте определение цеолитов и характеристику их свойств. Приведите примеры их использования в катализе.
9. Приведите примеры промышленных процессов с использованием многокомпонентных и многофазных катализаторов.
10. Объясните механизм действия бифункционального катализатора в процессе риформинга бензиновых фракций.
11. Какие вещества называются промоторами? Каким образом они оказывают влияние на каталитический процесс?
12. Какие вещества называются в катализе ядами? Приведите конкретные примеры воздействия ядов на каталитические процессы.
13. Каким образом проводят оценку степени отравления катализаторов?
14. В чем заключается позитивная роль использования носителя в гетерогенном катализе?
15. В чем сходство и различие между физической адсорбцией и хемосорбцией? Какой процесс приводит к каталитическому эффекту?
16. Сформулируйте основные положения адсорбционной теории Лэнгмюра. В чем заключается кинетический закон действующих поверхностей?
17. Приведите кинетический вывод уравнения изотермы Лэнгмюра и проанализируйте его.
18. Приведите термодинамический вывод уравнения Лэнгмюра.
19. При каком значении давления  $p$  степень заполнения поверхности  $\Theta$  равна  $\frac{1}{2}$ , а касательная к начальному участку кривой Лэнгмюра достигает значения  $\Theta = 1$ ?
20. Покажите, что для определения параметров уравнения Лэнгмюра удобно использовать графические способы в следующих координатах: а)  $(1/a, 1/p)$ ; б)  $(p/a, p)$ ; в)  $(a, a/p)$ .
21. получите выражение для степени заполнения в случае диссоциативной адсорбции молекулы  $A_2$ .
22. Получите аналитическим путем выражение для степени заполнения при одновременной адсорбции двух газов.
23. В чем причина отклонения реальных изотерм от модели «идеального адсорбированного слоя» Лэнгмюра?
24. Какой вид имеют уравнения для изотерм: а) Генри; б) Фрейндлиха; в) в логарифмической форме?
25. Сформулируйте основные допущения теории полимолекулярной адсорбции, проанализируйте уравнение БЭТ, укажите его роль в катализе и пределы применимости.
26. Укажите, из каких стадий состоит гетерогенно-каталитическая реакция? Каким образом определяют общую скорость такого процесса?
27. Покажите механизм, по которому протекает мономолекулярная гетерогенно-каталитическая реакция. Выведите уравнение для скорости этой реакции и проанализируйте его.

28. Какая существует связь между кажущейся энергией активации и истинной для гетерогенной каталитической реакции? Ответ поясните.
29. Какой вид имеет связь между кажущейся и истинной энергиями активации в случае адсорбции исходного вещества и продукта реакции?
30. В чем заключается механизм Лэнгмюра-Хиншельвуда? Получите уравнение для скорости реакции в этом случае и проанализируйте его. Приведите пример реакции, протекающей по данному механизму.
31. В чем заключается механизм Или-Ридиела? Получите уравнение для скорости реакции в этом случае. Приведите пример реакции, протекающей по данному механизму.
32. Какой прием можно использовать для установления четкого различия между механизмами Лэнгмюра-Хиншельвуда и Или-Ридиела?
33. Перечислите возможные ограничения гетерогенно-каталитических реакций, протекающих в жидкой фазе, от реакций в газовой фазе.
34. Какую роль имеет термодинамический фактор в объяснении особенностей протекания жидкофазных реакций?
35. В чем заключается электрохимический механизм катализа? Для каких процессов он характерен?
36. Перечислите основные макрокинетические области в гетерогенном катализе и охарактеризуйте каждую из них.
37. Укажите отличительные особенности процессов во внешнекинетической области.
38. Сформулируйте в аналитическом виде первый и второй законы Фика.
39. Какой параметр вводится в теории конвективной диффузии Нернста и от чего он зависит?
40. Получите в аналитическом виде уравнение для скорости гетерогенно-каталитического процесса с учетом внешней диффузии и химической реакции на поверхности катализатора.
41. Проанализируйте предельные случаи полученного в задании 40 уравнения.
42. Перечислите отличительные признаки протекания процесса во внешнедиффузионной области.
43. При каких условиях процесс протекает в промежуточной области?
44. Сравните влияние температуры на скорость процесса во внешнекинетической и внешнедиффузионной областях.
45. В чем заключается отличие внутренней диффузии от внешней.
46. Охарактеризуйте условия протекания процесса во внутренней кинетической области.
47. Какая существует количественная связь между опытной энергией активации во внешнедиффузионной области и энергией активации во внутренней кинетической области?
48. Какую роль играют во внутредиффузионной области параметр  $L$  и диаметр зерна?
49. От каких величин зависит параметр Тиле  $h$ ?

50. Какую величину называют фактором диффузионного торможения? Получите аналитическое выражение для реакции первого порядка.
51. При каких значениях  $h$  каталитический процесс протекает во внутрикинетической и внутريدиффузионных областях?
52. Какое соотношение между энергиями активации в указанных выше внутренних областях получено в рамках задачи Тиле?
53. Перечислите особенности протекания процесса во внутريدиффузионной области.
54. При каких значениях  $h$  появляется дополнительное краевое условие для решения задачи Тиле?
55. Дайте характеристику метода равнодоступной поверхности.
56. Покажите, каким образом в задаче Зельдовича параметр  $L$  зависит от значений коэффициента диффузии и константы скорости химической реакции.
57. Какую роль в задаче Тиле играет фактор диффузионного торможения?
58. В какой области «работает» катализатор, если для степени использования его внутренней поверхности  $f_{1/2}$  в задаче Зельдовича выполняется соотношение  $1 - f_{1/2} \leq 0.01$ .
59. При каких значениях фактора эффективности  $f$  в задаче Тиле каталитический процесс протекает во внешнекинетической и внешнедиффузионной областях?

## **Модуль 2. Приготовление и функционирование катализаторов. Промышленные каталитические процессы и катализаторы.**

Темы лекционных занятий:

Приготовление и функционирование катализаторов. Промышленные каталитические процессы и катализаторы.

Темы практических занятий:

Комплексные соединения: строение, свойства. Металлокомплексные катализаторы. Кинетика и механизм металлокомплексного катализа.

Изучив данный модуль, студент должен

- знать:

- основы теории гомогенного металлокомплексного катализа;
- строение гомогенных металлокомплексных катализаторов;
- основы кинетики гомогенного металлокомплексного катализа;
- важнейшие промышленные процессы, катализируемые металлокомплексами;

- уметь:

- подбирать металлокомплексные катализаторы для конкретных технологических процессов реакций; описывать механизмы каталитических реакций металлокомплексного катализа;
- находить подходы к решению фундаментальных и прикладных задач в области катализа,
- применять и использовать полученные знания в профессиональной деятельности;

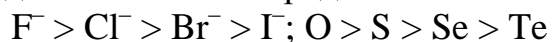
- владеть:

- методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов;
- навыками работы с учебной и учебно-методической литературой.

Методические рекомендации по изучению тем модуля: при освоении тем модуля необходимо:

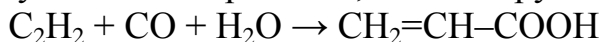
- изучить учебный материал по дисциплине, используя лекционный и материал и материал библиотечного фонда по данной тематике;
- ответить на контрольные вопросы:

1. Напишите геометрические формулы металлокомплексов с координационными числами 2, 4, 5, 6. Объясните природу связи металл-лиганд.
2. Напишите структуру металлокомплексов, каталитически активных и неактивных для одного и того же металла-комплексобразователя.
3. Объясните, почему устойчивость комплексов металлов  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{3+}$  для следующих лигандов изменяется в рядах:



а для металлов  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Rh}^+$ ,  $\text{Pd}^{2+}$ ,  $\text{Pt}^{2+}$  порядок устойчивости комплексов изменяется на противоположный.

4. Постройте энергетическую диаграмму молекулярных орбиталей для оксида углерода (II), молекулярного кислорода и азота.
5. В гексакарбониле хрома (0) покажите, как происходит взаимодействие атомных орбиталей хрома с молекулярными орбиталями лиганда.
6. Постройте энергетическую диаграмму молекулярных орбиталей для комплекса  $[\text{CoF}_6]^{3-}$ ,  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ .
7. Объясните, почему при координации молекул  $\text{HX}$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ROH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{RCOOH}$  и др.) происходит повышение их кислотных свойств. Влияет ли степень окисления металла-комплексобразователя на кислотные свойства комплекса? Покажите на примере.
8. Могут ли металлокомплексы существовать в растворах в мономерной, димерной и полимерной формах? Покажите на примерах. Приведите примеры комплексных соединений с бидентатным и полидентатными лигандами.
9. Приведите примеры кластерных соединений.
10. Предложите схемы механизма активирования молекул  $\text{H}_2$  и с  $\text{HX}$  с образованием гидридных комплексов металлов для конкретных металлокомплексов.
11. Объясните природу электронного взаимодействия с ненасыщенной органической молекулой в следующих комплексах:  $[\text{PtCl}_3(\text{C}_2\text{H}_4)_2]^-$ ,  $[\text{Pt}(\text{PPh}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_4)_2]$ ,  $[\text{Pt}(\text{PPh}_3)_2(\text{C}_2\text{F}_4)_2]$ . Изменяется ли длина связи  $\text{C}=\text{C}$ ?
12. Выведите кинетическое уравнение окисления этилена комплексом  $\text{PdCl}_4$  в ацетальдегид в водном растворе. Примите концентрацию всех промежуточных комплексов малыми по сравнению с  $[\text{PdCl}_4]$ .
13. Предложите схему механизма реакции, катализируемой  $\text{Ni}(\text{H})(\text{CO})_2\text{Br}$ :



14. Окисление пропилена в воде в присутствии каталитической системы  $\text{PdCl}_2\text{--CuCl}_2$  протекает с образованием ацетона. Предложите схему механизма реакции. Какие образуются побочные продукты?
15. Объясните, почему аквакомплекс  $\text{Co(III)}$  окисляет воду с выделением кислорода, а гексацианид  $\text{Co(II)}$  окисляется водой с выделением водорода.
16. При гидрировании бутадиена в присутствии катализатора  $\text{HCo(CN)}_5$  образуется бутен-1, цис- и транс-бутен-2. Напишите механизм реакции.
17. Напишите механизм реакции гидрирования ацетилен в этилен в присутствии катализатора Уилкинсона. Почему реакция гидрирования протекает селективно? Какие другие катализаторы можно рекомендовать для селективного гидрирования ацетилен в этилен?
18. Предложите механизм гидрирования альдегидов и  $\alpha$ -олефинов соответственно в спирты и насыщенные углеводороды в присутствии комплекса  $\text{RuCl}_2(\text{PPh}_3)_3$ . Какую роль в этих реакциях могут играть основания, например, триэтиламин. Какие другие катализаторы гидрирования можно использовать в этих реакциях?
19. При взаимодействии водно-метанольного раствора метилацетилен с оксидом углерода (II) в присутствии каталитических количеств тетракарбонила  $\text{Ni(0)}$  образуется метилакрилат. Предложите механизм реакции и условия процесса.
20. При гидрировании пентена-2 образуется капроновый альдегид. Предложите катализатор и механизм реакции.
21. Предложите катализатор и механизм реакции получения н-бутилового спирта из пропилен.
22. Каким образом из децена-5, этилена и других реагентов в присутствии металлокомплексных катализаторов можно получить н-гептиловый спирт?
23. Из бутадиена и других реагентов с участием металлокомплексных катализаторов осуществите синтеза циклооктанола, циклооктанона и циклододеканола. В каких синтезах могут быть использованы полученные спирты и кетоны?

## 11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (учебного курса)

### 11.1. Обязательная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Количество в библиотеке
1	Попова, А. А. Физическая химия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. А. Попова, Т. Б. Попова. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 494 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Электронно-библиотечная система "Лань". - ISBN 978-5-8114-1796-4.	учебное пособие	ЭСБ «Лань»
2	Свиридов, В. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. В. Свиридов, А. В. Свиридов. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 600 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Электронно-библиотечная система "Лань". - ISBN 978-5-8114-2262-3	учебное пособие	ЭСБ «Лань»
3	Григорьева, Л. С. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. С. Григорьева, О. Н. Трифонова. - Москва : МГСУ : ЭБС АСВ, 2014. - 149 с. - Электронно-библиотечная система "IPRbooks". - ISBN 978-5-7364-0911-5.	учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"

### 11.2. Дополнительная литература и учебные материалы (аудио-, видеопособия и др.)

- фонд научной библиотеки ТГУ:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, аудио-, видеопособия и др.)	Количество в библиотеке

4	Бокштейн, Б. С. Физическая химия : термодинамика и кинетика [Электронный ресурс] : учебник / Б. С. Бокштейн, М. И. Менделев, Ю. В. Похвиснев. - Москва : МИСиС, 2012. - 258 с. - Электронно-библиотечная система "Лань". - ISBN 978-5-87623-619-7.	учебник	ЭСБ «Лань»
5	Афанасьев, Б. Н. Физическая химия [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 463 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Электронно-библиотечная система "Лань". - ISBN 978-5-8114-1402-4	учебное пособие	ЭСБ «Лань»
6	Морачевский, А. Г. Физическая химия. Термодинамика химических реакций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Морачевский, Е. Г. Фирсова. - Изд. 2-е, испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 101 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Электронно-библиотечная система "Лань". - ISBN 978-5-8114-1858-9.	учебное пособие	ЭСБ «Лань»
7	Нигматуллин, Н. Г. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. Г. Нигматуллин. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 288 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Электронно-библиотечная система "Лань". - ISBN 978-5-8114-1983-8.	учебное пособие	ЭСБ «Лань»

- другие фонды:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, аудио-, видеопособия и др.)	Место хранения (методический кабинет кафедры, городские библиотеки и др.)
1	Щукин В.П. Катализ низших предельных углеводов : монография / В.П. Щукин, В.Ю. Зотов, Тольятти: ООО «Касандра», 2013. – 124 с.	монография	методический кабинет кафедры

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

(подпись)

А.М. Асаева  
(И.О. Фамилия)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

МП

### 11.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- **Бутлеровские сообщения**

Научный англо-русскоязычный химический журнал. Публикует статьи по основным разделам химии и смежным дисциплинам. Журнал входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Для зарегистрированных пользователей сайта доступен полнотекстовый архив с 1999 года: <http://butlerov.com/stat/reports/view.asp?lang=ru>

- **Химия в интересах устойчивого развития**

В журнале публикуются оригинальные научные сообщения и обзоры по химии процессов, представляющих основу принципиально новых технологий, создаваемых в интересах устойчивого развития, или усовершенствования действующих, сохранения природной среды, экономии ресурсов, энергосбережения. Входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Доступен полнотекстовый архив с 2001 по 2005 год: <http://www.sibran.ru/journals/Hviur/>

- **Oriental Journal Of Chemistry**

Научный рецензируемый журнал открытого доступа. Страна: Индия. Язык: английский. Публикует результаты научных исследований в области общей химии, биохимии, спектроскопии, химии окружающей среды. Доступен полнотекстовый архив с 2008 года: <http://www.orientjchem.org/Archive.php>

### 11.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1.	Windows	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2.	Office Standart	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно

### 11.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектиро-	Столы ученические двухместные (моблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска	445020 Самарская обл. г.Тольятти, ул. Белорусская, 16-Б, позиция по ТП № 2,	65,8	40



№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	вания (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	аудиторная (меловая).	3 этаж, (А-304)		
2	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), таблица Менделеева.	445020, Самарская область, г.Тольятти, ул. Белорусская, 16-Б, позиция по ТП № 3, 3 этаж, (А-306)	42,7	40
3	Компьютерный класс. Помещение для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет	445020 Самарская обл. г.Тольятти, ул. Белорусская, 14, позиция по ТП № 48, 4 этаж, (Г-401)	84,8	16