

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем  
Академик РАН

  
В.М. Иевлев  
*подпись, расшифровка подписи*

25.06.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.03.02 Неравновесный катализ и сопряжение в процессах  
синтеза новых материалов**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

- 1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**  
040402 – Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализации:** Химия, физика и механика новых функциональных материалов и наноматериалов
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** магистр
- 4. Форма образования:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**  
Материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:**  
Миттова Ирина Яковлевна, доктор химических наук, профессор
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета,  
протокол № 5 от 17.06.2021
- 8. Учебный год:** 2021 / 2022                      **Семестр(-ы):** 1

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Конечной целью изучения дисциплины является понимание основных закономерностей, классического и неравновесного катализа, химического сопряжения в новых системах и способность интерпретировать механизмы изучаемых процессов. Задачи лекционного курса: освещение ключевых вопросов программы; материал лекций призван стимулировать студентов к последующей самостоятельной работе. Задачи практических занятий: формирование умений и навыков для решения проблемных и ситуационных задач; формирование навыков правильной постановки и выполнения экспериментальной работы, трактовки полученных результатов с учётом современных воззрений

**10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:** (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

Б1, часть, формируемая участниками образовательных отношений

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

а) профессиональные ПК-3.1, ПК-3.2

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен овладеть в профессиональной деятельности основными типовыми методами синтеза и анализа веществ, элементного и фазового состава, структуры и свойств материалов (включая наноматериалы)	ПК-3.1	Способен использовать знания о составе, структуре и свойствах материалов для решения задач материаловедения	<p>Знать: основные понятия и законы химической кинетики как основу для изучения механизмов химических реакций разных типов, особенности кинетического описания реакций в конденсированной фазе, модели зародышеобразования и диффузионные модели в кинетике топахимических реакций, основные типы механизмов гомогенного катализа и характерные черты гетерогенного катализа;</p> <p>Уметь: использовать теоретические знания для решения конкретных задач химической кинетики</p> <p>Владеть: навыками применения знаний и умений для интерпретации механизма гомогенных, гетерогенных, каталитических реакций.</p>

		ПК-3.2	Владеет основными методами синтеза и анализа веществ	<p>знать: современные тенденции развития неорганической химии материалов; основные закономерности и особенности изменения свойств материалов от элементного состава их соединений</p> <p>уметь: прогнозировать свойства синтезируемых материалов и наноматериалов и осуществлять целенаправленный выбор метода их синтеза</p> <p>владеть: навыками научно обоснованного совместного использования данных различных физико-химических и расчетных методов исследования для получения максимально возможных качественных, прецизионных данных о свойствах синтезируемых материалов</p>
--	--	--------	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3 / 108.**

**12.1 Форма промежуточной аттестации - зачет**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			1 семестр	2 семестр	...
Контактная работа		54	54		
в том числе:	лекции	18	18		
	практические				
	лабораторные	36	36		
	курсовая работа				
Самостоятельная работа		54	54		
Промежуточная аттестация (для экзамена)					
Итого:		108	108		

**13.1 Содержание разделов дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела
-------	---------------------------------	-------------------------------	--------------------

			дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Фундаментальные аспекты классических теорий катализа	Механизмы гомогенного катализа. Автокаталитические реакции. Характерные черты гомогенных каталитических процессов по сравнению с гетерогенными. Роль стадий адсорбции в гетерогенно-каталитических процессах. Идеальные и реальные адсорбированные слои. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций на равнодоступной поверхности. Макрокинетика гетерогенно-каталитических процессов. Применение метода переходного состояния в гетерогенном катализе. Стационарное и квазистационарное протекание реакций. Соотношение скоростей стадий.	
1.2	Новые каталитические процессы и их интерпретация	Вопрос о природе активных центров как основа гетерогенного катализа. Идеальная и реальная поверхность твёрдых тел. Новые типы гетерогенных процессов с участием твёрдых катализаторов, реагентов и продуктов. Феноменологические и кинетические модели. Элементы теории сложных реакций и её приложение к катализу. Маршруты реакций. Совокупность независимых маршрутов. Скорости реакций по маршрутам и стехиометрические базисы маршрутов. Теория графов и сложные реакции.	
1.3	Неравновесные процессы в катализе	Неравновесность на микро- и макроскопических уровнях при протекании адсорбции и катализа. Методы исследования неравновесных каталитических процессов (пучковые, лазерные, струевые). Возбуждение реакций на поверхности твёрдых фаз. Прекурсор и неравновесная диффузия. Цепные механизмы в катализе и хемознергетическое стимулирование. Генерационный и обменный механизмы хемознергетического стимулирования. Сопряжённо-каталитические процессы. Понятие сродства в кинетике и катализе. Определение катализатора по Пригожину. Новые критерии каталитических процессов, протекающих в неравновесных условиях.	
1.4	Основные понятия и механизмы сопряжённых реакций в классических системах	Взаимосвязанные реакции. Химическая интерференция как понятие в трактовке взаимосвязанных реакций. Когерентные реакции. Сопряжённые реакции (по Шилову). Общая схема. Актор, индуктор, акцептор и их роль в сопряжённых реакциях. Фактор индукции. Характерные черты сопряжённых реакций. Особенности положительной и отрицательной химической индукции. Сходство и различие сопряжённых и каталитических процессов (с классических позиций). Схема сопряжения через активные промежуточные соединения. Схема сопряжённого процесса, в котором функции актора и индуктора выполняет одно и то же вещество. Детерминанта как критерий сопряжения. Различные формы химической интерференции (количественная оценка по детерминанте).	

		Механизм некоторых сопряжённых реакций в растворе с участием пероксида водорода.	
1.5	Сопряжённые процессы в гетерогенных системах	Особенности протекания сопряжённых процессов в открытых системах на поверхности твёрдых фаз. Термодинамическое сопряжение и эффект кинетического сопряжения. Сопряжение в электрохимических процессах. Многоканальные процессы формирования многокомпонентных слоёв на поверхности полупроводников. Собственные (отрицательные каналы). Роль кинетического обхода при подавлении «отрицательных каналов» связи в процессах хемостимулированного термоокисления полупроводников.	
1.6	Линейная термодинамика неравновесных процессов.	Линейная термодинамика неравновесных процессов. Соотношения Онзагера. Вычисление коэффициентов взаимности Онзагера для химической реакции. Взаимосвязь между термодинамическими силами и потоками. Самопроизвольные и "вынужденные" потоки. Термодинамические критерии устойчивости стационарных состояний. Критерий эволюции Пригожина. Термомеханический эффект. Общие критерии устойчивости стационарных состояний. Методы и оценки термодинамической устойчивости стационарных состояний для химических реакций. Универсальный критерий эволюции Гленсдорфа-Пригожина. Термодинамика нелинейных кинетических систем: термодинамическая и кинетическая ветвь решений. Устойчивость решений по Ляпунову. Точка бифуркации. Функционал стационарного состояния для химических реакций. Модифицированные уравнения Онзагера для сопряжённых химических реакций вдали от равновесия. Пространственные, временные и пространственно-временные диссипативные структуры. Примеры появления диссипативных структур в каталитических системах. Изменение условий сосуществования фаз в ходе химической реакции.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Фундаментальные аспекты классических теорий катализа	Механизмы гомогенного катализа. Автокаталитические реакции. Характерные черты гомогенных каталитических процессов по сравнению с гетерогенными. Роль стадий адсорбции в гетерогенно-каталитических процессах. Идеальные и реальные адсорбированные слои. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций на равнодоступной поверхности. Макрокинетика гетерогенно-каталитических процессов. Применение метода переходного состояния в гетерогенном катализе. Стационарное и квазистационарное протекание реакций. Соотношение скоростей стадий.	
2.2	Новые каталитические процессы и их интерпретация	Вопрос о природе активных центров как основа гетерогенного катализа. Идеальная и реальная поверхность твёрдых тел. Новые типы гетерогенных процессов с участием твёрдых катализаторов, реагентов и продуктов. Феноменологические и кинетические модели. Элементы теории сложных реакций и её	

		приложение к катализу. Маршруты реакций. Совокупность независимых маршрутов. Скорости реакций по маршрутам и стехиометрические базисы маршрутов. Теория графов и сложные реакции.	
2.3	Неравновесные процессы в катализе	Неравновесность на микро- и макроскопических уровнях при протекании адсорбции и катализа. Методы исследования неравновесных каталитических процессов (пучковые, лазерные, струевые). Возбуждение реакций на поверхности твёрдых фаз. Прекурсор и неравновесная диффузия. Цепные механизмы в катализе и хемознергетическое стимулирование. Генерационный и обменный механизмы хемознергетического стимулирования. Сопряжённо-каталитические процессы. Понятие сродства в кинетике и катализе. Определение катализатора по Пригожину. Новые критерии каталитических процессов, протекающих в неравновесных условиях.	
4	Основные понятия и механизмы сопряжённых реакций в классических системах	Взаимосвязанные реакции. Химическая интерференция как понятие в трактовке взаимосвязанных реакций. Когерентные реакции. Сопряжённые реакции (по Шилову). Общая схема. Актор, индуктор, акцептор и их роль в сопряжённых реакциях. Фактор индукции. Характерные черты сопряжённых реакций. Особенности положительной и отрицательной химической индукции. Сходство и различие сопряжённых и каталитических процессов (с классических позиций). Схема сопряжения через активные промежуточные соединения. Схема сопряжённого процесса, в котором функции актора и индуктора выполняет одно и то же вещество. Детерминанта как критерий сопряжения. Различные формы химической интерференции (количественная оценка по детерминанте). Механизм некоторых сопряжённых реакций в растворе с участием пероксида водорода.	
5	Сопряжённые процессы в гетерогенных системах	Особенности протекания сопряжённых процессов в открытых системах на поверхности твёрдых фаз. Термодинамическое сопряжение и эффект кинетического сопряжения. Сопряжение в электрохимических процессах. Многоканальные процессы формирования многокомпонентных слоёв на поверхности полупроводников. Собственные (отрицательные каналы). Роль кинетического обхода при подавлении «отрицательных каналов» связи в процессах хемостимулированного термоокисления полупроводников.	
6	Линейная термодинамика неравновесных процессов.	Линейная термодинамика неравновесных процессов. Соотношения Онзагера. Вычисление коэффициентов взаимности Онзагера для химической реакции. Взаимосвязь между термодинамическими силами и потоками. Самопроизвольные и "вынужденные" потоки. Термодинамические критерии устойчивости стационарных состояний. Критерий эволюции Пригожина. Термомеханический эффект. Общие критерии устойчивости стационарных состояний. Методы и оценки термодинамической устойчивости стационарных состояний для	

	химических реакций. Универсальный критерий эволюции Гленсдорфа-Пригожина. Термодинамика нелинейных кинетических систем: термодинамическая и кинетическая ветвь решений. Устойчивость решений по Ляпунову. Точка бифуркации. Функционал стационарного состояния для химических реакций. Модифицированные уравнения Онзагера для сопряженных химических реакций вдали от равновесия. Пространственные, временные и пространственно-временные диссипативные структуры. Примеры появления диссипативных структур в каталитических системах. Изменение условий сосуществования фаз в ходе химической реакции.	
--	--	--

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Фундаментальные аспекты классических теорий катализа	2	2		4	8
2	Новые каталитические процессы и их интерпретация	2	4		6	12
3	Неравновесные процессы в катализе	2	4		12	18
4	Основные понятия и механизмы сопряженных реакций в классических системах	4	8		12	24
5	Сопряженные процессы в гетерогенных системах	4	8		14	26
6	Линейная термодинамика неравновесных процессов.	4	10		6	20
<b>Итого:</b>		<b>18</b>	<b>36</b>		<b>54</b>	<b>108</b>

### 13.3 Междисциплинарные связи с другими дисциплинами:

№ п/п	Наименование дисциплин учебного плана, с которым организована взаимосвязь дисциплины рабочей программы	№ № разделов дисциплины рабочей программы, связанных с указанными дисциплинами
1	Современная неорганическая химия	1-9
4	Фундаментальные основы кристаллохимии	2-9

## 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Организация изучения дисциплины предполагает:

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- решение практических задач, предложенных преподавателем для работы на лекциях;
- текущий контроль успеваемости в форме устного опроса по основным разделам дисциплины.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)**

## а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Физическая химия / под ред. К. С. Краснова. - М. : Высш. шк., 2001. – Т. 2. – 319 с.
2	Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В.М. Байрамов. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 256 с.
3	Крылов О.В. Гетерогенный катализ : учеб. пособие для вузов / О.В. Крылов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 679 с.
4	Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности : [учебник] / В.И. Ролдугин. – Долгопрудный : Интеллект, 2008. – 565 с.
5	Термодинамика для химиков (часть 3) / Н.М. Бажин, В.А. Иванченко, В.Н. Пармон – М. : КолосС, 2004. – 416 с.

## б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
6	Крылов О.В. Неравновесные процессы в катализе / О.В. Крылов, Б.Р. Шуб. – М. : Химия, 1990. – 288 с
7	Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чоркендорф, Х. Наймантсвердрайт. – Долгопрудный : ИД «Интеллект», 2010. – 504 с.
8	Романовский Б.В. Основы химической кинетики: учебник / Б.В. Романовский – М. : Издательство «Экзамен», 2006. – 415 с. (Серия «Учебник для вузов»).
9	Пармон В.Н. Введение в термодинамику неравновесных процессов / В.Н. Пармон – Новосибирск. : Новосибирск. гос. ун-т, 1998. – 150 с.
10	Нелинейная динамика и термодинамика необратимых процессов в химии и химической технологии / Э.М. Кольцова [и др.] – М. : Химия, 2001. – 408 с.
11	Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов / И.Пригожин. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 160 с.
12	Гленсдорф П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций / П. Гленсдорф, И. Пригожин. – М.: Наука, 2003. – 280 с.
13	Химия привитых поверхностных соединений / под ред. Г.В. Лисичкина. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
14	Николис Г. Самоорганизация в неравновесных системах / Г. Николис. И. Пригожин. – М. : Мир, 1979. – 512 с.
15	Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии / Ю.А. Пентин, Л. В. Вилков. – М. : Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. – 683 с.
16	Артемьев Ю.М. Введение в гетерогенный фотокатализ: учеб. пособие. / Ю.М. Артемьев, В.К. Рябчук. – СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1999. – 304 с.
17	Нагиев Т.М. Химическое сопряжение / Т. М. Нагиев. – М. : Наука, 1989. – 216 с.
18	Николис Г. Познание сложного. Введение / Г. Николис, И. Пригожин; пер. с англ. В.Ф. Пастушенко. – М. : Мир, 1990. – 344 с.
19	Хакен Г. Синергетика / Г. Хакен; пер. с англ. В.И. Емельянова. – М. : Мир, 1980. – 408 с.
20	Малинецкий Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: Введение в нелинейную динамику / Г.Г. Малинецкий. – М. : Эдиториал УРСС, 2000. – 253 с.
21	Пригожин И. Определено ли будущее? / И. Пригожин. – М.-Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2005. – 240 с.
21	Иевлев В.М. Тонкие пленки неорганических материалов: Механизм роста и субструктура : учеб. пособие / В.М. Иевлев. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. – 496 с.
22	Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И.В. Мелихов –М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. – 309 с. (Нанотехнология).
23	Методы исследования атомной структуры и субструктуры материалов : учеб. пособие / В.М. Иевлев [и др.]. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2003. – 485 с.

## в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.chemport.ru/pertable/">http://www.chemport.ru/pertable/</a> - Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева с характеристиками химических элементов
2	<a href="http://www.chem.msu.ru/rus/">http://www.chem.msu.ru/rus/</a> - Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Internet
3	<a href="http://www.chemport.ru/data/">http://www.chemport.ru/data/</a> - электронный справочник по химии
4	<a href="http://www.en.edu.ru/">http://www.en.edu.ru/</a> - Естественно-научный образовательный портал - является составной частью федерального портала "Российское образование". Содержит ресурсы и ссылки на ресурсы по естественно-научным дисциплинам (физика, химия и биология).
5	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a> - информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».
6	<a href="http://vovr.ru/">http://vovr.ru/</a> «Высшее образование в России» - научно-педагогический журнал Министерства образования и науки РФ. В журнале публикуются результаты исследований современного



	<i>состояния высшей школы России, обсуждаются вопросы теории и практики гуманитарного, естественно-научного и инженерного высшего образования.</i>
7	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.
8	<a href="http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/History/index.html">http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/History/index.html</a> - «Кристаллохимия» - Программа лекционного курса, конспекты лекций. Южный Федеральный университет.
9	<a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/">http://ru.wikipedia.org/wiki/</a> - Энциклопедия. Биографические данные выдающихся химиков.

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:

При реализации дисциплины используются классические образовательные технологии без замены аудиторных занятий (лекций и лабораторных занятий) на ДОТ. Основные типы лекций – вводные лекции (в начале изучения дисциплины) и информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации). Проведение текущих аттестаций и промежуточных аттестаций осуществляется в форме устного собеседования по КИМ. Самостоятельная работа по всем разделам предполагает выполнение обязательных письменных домашних заданий.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийный проектор BENQ, экран, ноутбук

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Фундаментальные аспекты классических теорий катализа	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос Контрольная работа
2.	Новые каталитические процессы и их интерпретация	ПК-3	ПК-3.1, ПК-3.2	Устный опрос Контрольная работа
3.	Неравновесные процессы в катализе	ПК-3	ПК-3.1, ПК-3.2	Устный опрос Контрольная работа
4.	Основные понятия и механизмы сопряжённых реакций в классических системах	ПК-3	ПК-3.1, ПК-3.2	Устный опрос Контрольная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
5.	Сопряжённые процессы в гетерогенных системах	ПК-3	ПК-3.1, ПК-3.2	Устный опрос Контрольная работа
6.	Линейная термодинамика неравновесных процессов.	ПК-3	ПК-3.1, ПК-3.2	Устный опрос Контрольная работа
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос); лабораторные работы; оценки результатов практической деятельности (курсовая работа). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2.

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практикоориентированные задания, практические работы, тестовые задания, реферат.

#### Тема «Основные понятия и механизмы катализа. Гетерогенный катализ»

##### Вариант 1

Задание 1. Какое явление называется катализом?

Задание 2. Какие классы катализаторов применяют в процессах окислительно-восстановительного катализа?

Задание 3. Какие вещества называются ингибиторами ферментов?

##### Вариант 2

Задание 1. Что представляют собой гомогенный и гетерогенный катализ? Чем они отличаются?

Задание 2. Какие классы катализаторов применяют в процессах кислотного катализа и почему?

Задание 3. Каков механизм действия катализатора (энергетическая схема и описание)?

##### Вариант 3

Задание 1. Приведите примеры гомогенных и гетерогенных каталитических реакций.

Какова в них роль катализатора?

Задание 2. Что такое автокатализ? Приведите примеры таких процессов.

Задание 2. Каков механизм гетерогенно-каталитического процесса (основные стадии)?

Какие из стадий экзо-, а какие- эндотермичны?

#### **Вариант 4**

Задание 1. Что такое селективность катализатора? Приведите примеры.

Задание 2. Какая величина характеризует активность катализатора? Как она рассчитывается для процессов гомо- и гетерогенного катализа?

Задание 1. В чем суть первичного и вторичного солевого эффекта?

#### **Вариант 5**

Задание 1. Что такое специфичность катализатора? Приведите примеры.

Задание 2. Промотирование и отравление катализаторов-что это за явления и каков их механизм?

Задание 3. Каково основное положение мультиплетной теории А. А. Баландина?

### **Тема «Индукция и катализ химических реакций. Сопряженные системы»**

#### **Вариант 1.**

Задание 1. Что такое химическая индукция и химическое сопряжение? Это одно и то же или нет?

Задание 2. Назовите характерные черты сопряженных реакций.

Задание 3. Приведите и объясните схему последовательных реакций.

#### **Вариант 2.**

Задание 1. Какова схема сопряженных реакций по Н. А. Шилову? Как называются вещества, участвующие в этом процессе, и какую роль они выполняют?

Задание 2. Каково различие между понятиями «интерференция» и «сопряжение»? Какое понятие является более общим?

Задание 3. Приведите и объясните схему последовательно-параллельных реакций.

#### **Вариант 3.**

Задание 1. Что такое детерминанта? Какая из двух характеристик-детерминанта и фактор индукции – наиболее полно характеризует сопряженные процессы и почему?

Задание 2. Каких типов промежуточных продуктов свойственны для взаимосвязанных реакций?

Задание 3. Приведите и объясните схему сопряженных реакций.

#### **Вариант 4.**

Задание 1. Что такое фактор индукции? Какие значения он принимает?

Задание 2. Исходя из знаний о типах промежуточных частиц, опишите качественные признаки тех или иных сложных процессов.

Задание 3. Приведите и объясните схему инициированных реакций.

### **Тема «Некоторые аспекты неравновесного катализа. Диссипативные структуры в катализе»**

#### **Вариант 1.**

Задание 1. Что представляют собой диссипативные структуры в катализе?

Задание 2. Что такое бифуркация? Чем определяется направление развития системы в окрестностях точки бифуркации?

Задание 3. В чем сущность термодинамического и кинетического объяснения существования нескольких фаз катализатора при катализе?

#### **Вариант 2.**

Задание 1. Каков механизм возникновения диссипативных структур в катализе?

Задание 2. Приведите примеры объяснения «критических» явлений в катализе. Чем объясняется существование критических параметров в катализе?

Задание 3. Чем объясняется разница между равновесным и стационарным фазовым составом катализатора?

#### **Вариант 3.**

Задание 1. В каких системах и по какой причине возникают диссипативные структуры?

Задание 2. Какими физико-химическими методами изучаются диссипативные структуры в катализе?

Задание 3. Каковы особенности неравновесных процессов в многофазных катализаторах?

#### **Вариант 4.**

Задание 1. Каковы условия образования диссипативных структур в катализе?

Задание 2. Дайте характеристику бистабильных структур (типа «триггера»).

Задание 3. В чем термодинамические причины выгоды многофазности в катализе?

#### **Вариант 5.**

Задание 1. Что такое автоволны и по какому или каким признакам их можно отнести к диссипативным структурам в катализе?

Задание 2. Какую роль для фазовых превращений в катализе играют транспортные процессы?

Задание 3. Аргументируйте, почему образование диссипативных структур в катализе-это проявление неравновесности на макроуровне.

#### **Вариант 6.**

Задание 1. Что представляют собой пространственно-неоднородные структуры в катализе?

Задание 2. Назовите причины неравновесности приповерхностного слоя катализатора.

Задание 3. Аргументируйте, почему образование диссипативных структур в катализе-это проявление неравновесности на макроуровне.

#### **Вариант 7.**

Задание 1. Дайте характеристику периодическим во времени диссипативным структурам.

Задание 2. Как происходят двумерные фазовые превращения в катализе и какими методами можно установить их наличие?

Задание 3. Как образование новой фазы в условиях катализа может влиять на каталитическую реакцию?

Практические работы выполняются на занятии в течение 3 академических часов. За этот период студент должен, ознакомившись с порядком выполнения задания, при помощи преподавателя выполнить практическую часть работы, представить полученные результаты преподавателю и, если позволяет время, приступить к оформлению работы и формулировке выводов. Следующее практическое занятие студент начинает с представления оформленной работы, отчитывается по работе и получает следующее практическое задание.

Вопросы для домашнего задания формулирует лектор на лекционном занятии. На следующем лекционном занятии студенты представляют решение домашнего задания, занятие начинается с обсуждения вариантов решения.

Семинары (дискуссии) проводятся на практическом занятии, о чем преподаватель заранее сообщает обучающимся. Темы, по которым проводятся семинары (дискуссии), и

программа к ним представлена в соответствующих методических указаниях, рекомендованных студентам. По согласованию с обучающимися зачет может проводиться в форме устной беседы или форме тестирования по основным разделам курса. Экзамен проводится только в устной форме.

#### 20.4. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по билетам к зачету.

1. Какие классы катализаторов применяют в процессах окислительно-восстановительного катализа?
2. Как происходят двумерные фазовые превращения в катализе и какими методами можно установить их наличие?
  1. Дайте характеристику периодическим во времени диссипативным структурам.
2. Какие вещества называются ингибиторами ферментов?
  1. Что представляют собой гомогенный и гетерогенный катализ? Чем они отличаются?
2. Аргументируйте, почему образование диссипативных структур в катализе – это проявление неравновесности на макроуровне.
  1. Какие классы катализаторов применяют в процессах кислотно-основного катализа и почему?
2. Назовите причины неравновесности приповерхностного слоя катализатора.
  1. Что представляют собой пространственно-неоднородные структуры в катализе?
2. Каков механизм действия катализатора (энергетическая схема и описание)?
  1. Какие классы катализаторов применяют в процессах кислотно-основного катализа и почему?
2. Аргументируйте, почему образование диссипативных структур в катализе-это проявление неравновесности на макроуровне.
  1. Что такое автокатализ? Приведите примеры таких процессов.
2. Каков механизм гетерогенно-каталитического процесса ( основные стадии ) ? Какие из стадий экзо-, а какие- эндотермичны?
  1. Что такое автоволны и по какому или каким признакам их можно отнести к диссипативным структурам в катализе?
2. Какова схема сопряженных реакций по Н. А. Шилову? Как называются вещества, участвующие в этом процессе, и какую роль они выполняют?
  1. Каких типы промежуточных продуктов свойственны для взаимосвязанных реакций.
2. Что такое селективность катализатора? Приведите примеры.
  1. Что такое специфичность катализатора? Приведите примеры.
2. Что такое бифуркация? Чем определяется направление развития системы в окрестностях точки бифуркации?
  1. В каких системах и по какой причине возникают диссипативные структуры?
2. Назовите характерные черты сопряженных реакций.
  1. Каково различие между понятиями « интерференция» и « сопряжение»? Какое понятие является более общим?

2. Приведите примеры объяснения «критических» явлений в катализе. Чем объясняется существование критических параметров в катализе?

1. Каковы условия образования диссипативных структур в катализе?

2. Какая величина характеризует активность катализатора? Как она рассчитывается для процессов гомо- и гетерогенного катализа?

1. В чем суть первичного и вторичного солевого эффекта?

2. Чем объясняется разница между равновесным и стационарным фазовым составом катализатора?

1. Каковы условия образования диссипативных структур в катализе?

2. Какая величина характеризует активность катализатора? Как она рассчитывается для процессов гомо- и гетерогенного катализа?

1. Какими физико-химическими методами изучаются диссипативные структуры в катализе?

2. Промотирование и отравление катализаторов-что это за явления и каков их механизм?

По окончании обучения по курсу «Периодический закон и его роль в целенаправленном синтезе новых материалов» проводится промежуточная аттестация в форме зачета. К зачету обучающиеся получают перечень вопросов, из которых формируются КИМ по предмету. Накануне зачета проводится консультация, где студенты могут прояснить вопросы, освоение которых вызывает трудности. Приходя на зачет, обучающийся должен иметь при себе зачетную книжку и тетрадь с лабораторным практикумом. Обучающийся выбирает КИМ и готовится к ответу. Время на подготовку регламентировано Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – **зачтено** и **незачет**.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен излагать основные положения учебного курса, не умеет устанавливать связь между знаниями Периодического закона и Периодической таблицы и областями применения этих знаний, при решении практических задач допускает серьезные ошибки.	Пороговый уровень	<b>Зачтено</b>
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при решении практических задач.	---	<b>Незачет</b>

## 20.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса и тестирования. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.