

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра физической и  
неорганической химии  
(ФиНХ\_ХМФ)**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра физической и  
неорганической химии  
(ФиНХ\_ХМФ)**

наименование кафедры

**доцент, канд.хим.наук Денисова  
Л.Т.**

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ  
КИНЕТИКА ГЕТЕРОГЕННЫХ  
ПРОЦЕССОВ**

Дисциплина Б1.В.01.06 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ  
Кинетика гетерогенных процессов

Направление подготовки / 04.04.01 Химия, 04.04.01.07 Физическая  
специальность химия

Направленность  
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2020

Красноярск 2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

040000 «ХИМИЯ»

---

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 04.04.01 Химия, 04.04.01.07 Физическая химия

---

Программу  
составили

к.х.н., доцент, Шубин Александр  
Анатольевич; к.х.н., доцент, Иртыго Лилия  
Александровна

---

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Основной целью курса "Кинетика гетерогенных процессов" дать теоретические представления и практические навыки анализа кинетики различных типов гетерогенных процессов.

Осуществляется ознакомление с общими принципами кинетики твердофазных реакций. Даются методы описания кинетики топохимических реакций, основанные на геометрических подходах и на представлении о независимости процессов зарождения и роста зародышей новой фазы, границы применимости известных кинетических моделей.

Особое внимание уделено проблеме корректного выбора модели и однозначности определения скоростей реакций.

Часть курса ориентирована на рассмотрение особенностей протекания твердофазных реакций, контролируемых диффузией. Рассматриваются кинетические подходы к анализу кинетики твердофазных реакций, протекающих в условиях импульсной активации (механохимической, радиационно-термической).

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:

- ознакомление слушателей с теорией в рамках программы курса;
- обучение работе с литературными источниками;
- обучение слушателей пользоваться полученными знаниями при решении практических задач.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ПК-1:Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</b>	
Уровень 1	методы решения научно-исследовательских задач в области физической химии
Уровень 1	планировать физико-химический эксперимент
Уровень 1	методами планирования эксперимента и решения научно-исследовательских задач в области физической химии
<b>ПК-4:Способен выбирать обоснованные подходы к синтезу и анализу свойств полифункциональных материалов с заданными физико-химическими свойствами</b>	
Уровень 1	основные методы синтеза и анализа многофункциональных

	материалов с заданными физико-химическими свойствами
Уровень 1	выбирать методы синтеза и анализа многофункциональных материалов с заданными физико-химическими свойствами
Уровень 1	основными методами синтеза и анализа многофункциональных материалов с заданными физико-химическими свойствами

#### 1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Кинетика гетерогенных процессов» опирается на следующие дисциплины:

Кристаллохимия  
 Строение вещества  
 Химическая кинетика  
 Физика твердого тела  
 Химическая термодинамика  
 Введение в химию поверхностных явлений  
 Общая и неорганическая химия  
 Актуальные задачи современной химии  
 Компьютерные технологии в науке и образовании  
 Математический и естественнонаучный цикл  
 Методология научного творчества  
 Микроскопические методы анализа  
 Спец практикум по физической химии  
 Реакции твердых тел  
 Современные методы и средства определения состава вещества  
 Супрамолекулярная химия  
 Теория растворов  
 Физическая химия композиционных материалов  
 Физическая химия наноструктурированных систем  
 Химия новых материалов и нанотехнологии  
 Высокотемпературная физическая химия  
 Избранные главы физической химии  
 Математический и естественнонаучный цикл  
 Метрологические основы химического анализа  
 Прикладная термодинамика и термодинамика гетерогенных систем  
 Современная химия и химическая безопасность  
 Современные химические технологии  
 Физическая химия материалов электронной техники

Дисциплина «Кинетика гетерогенных процессов» является базой для следующих дисциплин:

преддипломная практика

химико-технологическая практика

Актуальные задачи современной химии

Компьютерные технологии в науке и образовании

Математический и естественнонаучный цикл

Методология научного творчества

Микроскопические методы анализа

Спец практикум по физической химии

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		3
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4 (144)</b>	<b>4 (144)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	0,5 (18)	0,5 (18)
практикумы		
лабораторные работы	0,5 (18)	0,5 (18)
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	<b>1 (36)</b>

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Основы формальной кинетики и кинетики гетерогенных процессов	10	10	0	28	ПК-1 ПК-4
2	Процессы на поверхности раздела фаз	8	8	18	26	ПК-1 ПК-4
Всего		18	18	18	54	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Введение. Общие принципы формулирования кинетических уравнений. Температурная зависимость скорости реакций.	4	1	0
2	1	Адсорбционные и диффузионные составляющие гетерогенного процесса.	6	2	0

3	2	Морфологические модели образования и роста зародышей	4	2	0
4	2	Анализ кинетики различных типов гетерогенных процессов	4	2	0
5	2		0	0	0
Всего			18	7	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в acad. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Формальная кинетика, температурная зависимость скорости реакции	4	0	0
2	1	Адсорбция, диффузия, теория подобия	6	0	0
3	2	Кинетические параметры зародышеобразования в жидкой и твердой фазах. Скорость зародышеобразования в гетерогенных реакциях.	4	0	0
4	2	Изучение кинетики твердофазных реакций, реакций окисления, процессов растворения, испарения.	4	0	0
Всего			18	0	0

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в acad. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	2	Определение режима взаимодействия твердое тело-раствор	6	0	0
2	2	Изучение кинетики топохимических реакций	4	0	0
3	2	Изучение кинетики процессов травления	4	0	0

4	2	Изучение кинетики окисления металлов	4	0	0
			18	0	0

## 5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## 6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Франк-Каменецкий Д. А.	Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике: [учебник-монография]	Долгопрудный: Интеллект, 2008
Л1.2	Ярославцев А. Б.	Химия твердого тела: монография	Москва: Научный мир, 2009
Л1.3	Кнотько А. В., Пресняков И. А., Третьяков Ю. Д.	Химия твердого тела: учебное пособие по специальности 020101 (011000) "Химия"	Москва, 2006
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Дельмон Б., Болдырев В. В.	Кинетика гетерогенных реакций: перевод с французского	Москва: Мир, 1972
Л2.2	Розовский А. Я., Колбановский Ю. А.	Гетерогенные химические реакции. Кинетика и макрокинетика: монография	Москва: Наука, 1980
Л2.3	Продан Е. А., Ермоленко И. Н.	Топохимия кристаллов: монография	Минск: Навука і тэхніка, 1990
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Буданов В. В., Ломова Т. Н., Рыбкин В. В.	Химическая кинетика: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки «Химическая технология», «Биотехнология», «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»	Санкт-Петербург: Лань, 2014

## 7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	Бахтина Г.Д. Диффузия. Кинетика	<a href="http://dump.vstu.ru/files/storage/Kafied">http://dump.vstu.ru/files/storage/Kafied</a>
----	---------------------------------	---

	гетерогенных процессов: Методические указания к лекциям по физической химии/ Волгоград. гос.техн. ун-т.– Волгоград, 2011 . – 28 с.	ry/FAKhP/STUDENTU_obuchayushchihsya_po_FGOS_3/Fizicheskaya_himiy a/1_Metodicheskiy_kompleks/Diffuziya._Kinetika_geterogennyh_processov.pdf
Э2	Химическая кинетика гетерогенных процессов: учебное пособие / А.Н. Дьяченко, В.В. Шагалов; Томский политехнический уни-верситет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 102 с.	<a href="http://portal.tpu.ru/SHARED/s/SHAGALOV/rabota/Tab3/text4.pdf">http://portal.tpu.ru/SHARED/s/SHAGALOV/rabota/Tab3/text4.pdf</a>

## 8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

При реализации программы дисциплины «Кинети гетерогенных процессов» основой организации учебного процесса является системный подход, предполагающий взаимосогласованность содержания курсов, их преемственность и последовательность. Учебные занятия проводятся в виде лекций, практических занятий и самостоятельной работы. Учебные занятия проводятся по расписанию, составляемому на семестр. Для всех видов аудиторных учебных занятий академический час устанавливается 45 минут. Лекции носят установочно-фундаментальный характер, направленный на изучение обучающимися соответствующей темы и содержат основные положения вопросов, составляющих суть темы, содержат рекомендации по более глубокому самостоятельному изучению темы с помощью литературных источников. На практических занятиях студенты закрепляют навыки, приобретенные на лекциях.

Самостоятельная работа обучающихся предусматривает проработку и закрепление лекционного материала, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины. Темы для самостоятельного изучения:

1. Химическое равновесие, Термодинамика гетерогенных процессов.
2. Кинетика сложных реакций.
3. Механизм Лэнгмюра-Хиншельвуда.
4. Уравнения связи между критериями подобия.
5. Многокомпонентная диффузия.
6. Гетерогенные процессы на пористой поверхности.
7. Диффузия через мембраны.
8. Неизотермические и другие нестационарные методы в кинетике твердофазных реакций.
9. Реакции с участием конденсированных фаз.

## 10. Особенности описания кинетики механохимических реакций.

Выполнение лабораторных работ проводится в соответствии с требованиями ТБ, группами обучающихся в количестве 2-3 человек, обязательно в присутствии преподавателя и УВП, вследствие повышенной опасности работы в химической лаборатории. Для соответствия между общим количеством обучающихся, одновременно выполняющих эксперимент, и количеством профессорско-преподавательского состава и учебно-вспомогательного персонала, присутствующих в лаборатории, общее количество обучающихся не должно превышать 16 человек в группе.

Для защиты лабораторной работы учащийся должен предоставить преподавателю отчет, оформленный в соответствии с требованиями СФУ и быть готовым ответить на вопросы касающиеся темы работы, а также тем для самостоятельного изучения, выполнения, расчетов и выводов лабораторной работы. Основные требования следующие:

1. Лабораторная работа должна быть оформлена на отдельных листах с указанием ф.и.о. учащегося и номера группы.

2. Отчет должен содержать цель работы, краткое теоретическое введение с формулами, на которые далее будут ссылки при расчетах; результаты опытов и их обработку (все предусмотренные в работе графики, таблицы и расчеты); выводы.

3. Графики должны быть выполнены с соблюдением всех правил их построения карандашом на миллиметровке или графическим редактором на компьютере и представлены на отдельном листе в отчете. Каждый рисунок должен иметь подпись, содержащую всю информацию, необходимую для его восприятия и анализа полученных данных.

4. Отчет, по возможности, должен содержать расчет ошибок определения величин и указания на причины их появления.

Защита лабораторных работ проводится во время аудиторного занятия. Оценка «зачтено» выставляется, если лабораторная работа соответствует требованиям к оформлению с небольшими ошибками; корректно сформулированы цели, выводы им соответствуют; материал изложен логически правильно, применены методы статистики к обработке экспериментального материала, проведено сравнение эксперимента с табличными данными. При ответе на вопросы по теме лабораторной работы и тем для самостоятельного изучения студентом могут быть допущены одна-две неточности или несущественные ошибки. Студент способен аргументировать свои утверждения и выводы, привести практические примеры.

Оценка «незачтено» выставляется, если лабораторная работа не

соответствует требованиям к оформлению; некорректно сформулированы цели и выводы. При ответе на вопросы обнаружено непонимание студентом основного содержания задаваемого вопроса или допущены существенные ошибки, которые студент не смог исправить при наводящих вопросах преподавателя.

При наличии успешно защищенных 4 лабораторных работ учащийся допускается до экзамена.

Экзамен принимается в устной форме. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса из изучаемого курса и одну задачу.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент не дал правильные ответы на оба теоретических вопроса и не решил задачу;

оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент дал правильные ответы на теоретических вопросы с большими неточностями, задача решена не полностью;

оценка «хорошо» выставляется при правильном полном ответе на один теоретический вопрос, правильном решении задачи и неполном ответе на второй или при правильном ответе на оба вопроса и неточном решении задачи;

оценка «отлично» выставляется при полных ответах на все теоретические вопросы и правильном решении задачи.

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	MS Power point, MS Internet explorer, Adobe Reader, Microsoft Office Excel
-------	--

### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	Научная Электронная Библиотека e-LIBRARY.RU. Полнотекстовая коллекция «Российские академические журналы on-line» (издательство «Наука») включает 139 журналов. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> .
9.2.2	Royal Society of Chemistry - журналы открытого доступа. - Режим доступа: <a href="http://pubs.rsc.org">http://pubs.rsc.org</a> .
9.2.3	Elsevier - доступ к Freedom Collection издательства Elsevier. - Режим доступа: <a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>
9.2.4	Электронная химическая энциклопедия – он-лайн. -Режим доступа: <a href="http://www.xumuk.ru/encyklopedia/">http://www.xumuk.ru/encyklopedia/</a> .
9.2.5	

## **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная ПЭВМ, мультимедийным проектором и экраном. Аудитория для проведения лабораторных занятий. Общелабораторная посуда, оборудование и реактивы.

1 – калориметр лабораторный;

2 – термогравиметрическая установка;

3 – установка для изучения топохимических реакций;

4 – катетометр;

5 – установка для изучения кинетики гетерогенных взаимодействий методом вращающегося диска;

6 – весы электронные лабораторные;

7 – эвдиометр.

Выполнение лабораторных работ проводится в соответствии с требованиями ТБ, группами обучающихся в количестве 2-3 человек, обязательно в присутствии преподавателя и УВП, вследствие повышенной опасности работы в химической лаборатории. Для соответствия между общим количеством обучающихся, одновременно выполняющих эксперимент, и количеством профессорско-преподавательского состава и учебно-вспомогательного персонала, присутствующих в лаборатории, общее количество обучающихся не должно превышать 16 человек в группе.