

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ Василенко В.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

"26" мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Химическая кинетика гетерогенных процессов**

_____ (наименование дисциплины (модуля))

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов
современной энергетики**

специализация № 3

**"Технология теплоносителей и радиозэкология ядерных
энергетических установок"**

Квалификация выпускника
Инженер

Разработчик

_____ (подпись)

_____ (дата)

Кузнецова И.В.

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой неорганической химии и химической технологии
(наименование кафедры, являющейся ответственной за данное направление подготовки, профиль)

_____ (подпись) _____ (дата)

Нифталиев С.И.
(Ф.И.О.)

1. Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины «Химическая кинетика гетерогенных процессов» являются:

- изучение теоретических основ кинетики различных типов гетерогенных твердофазных процессов и применение их в атомной промышленности;
- формирование компетенций, необходимых для реализации научно-исследовательской и проектной деятельности.

Задачи дисциплины:

профессиональная деятельность, которая включает:

- исследование радиационной устойчивости материалов и радиационно-химических процессов в теплоносителях ядерных энергетических установок;

научно-исследовательская деятельность:

- проведение кинетических исследований в области технологии материалов современной энергетики;
- изучение изменения свойств материалов под действием интенсивных радиационных излучений;

проектная деятельность:

- разработка исходных данных для проектирования новых технологических процессов и оборудования

Объектами профессиональной деятельности являются:

- руды, концентраты и вторичное сырье, содержащие уран, цирконий, радиоактивные элементы, редкие металлы ядерного назначения, их химические соединения и материалы на их основе;
- природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов;

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Компетенция	Содержание компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			Знать	Уметь	Владеть
1	ПСК-3.1;	Способность к безопасному проведению, контролю, разработке и усовершенствованию технологических процессов подготовки и регенерации теплоносителей ядерных энергетических установок различного типа, обеспечивающими надежную и долговременную защиту окружающей среды от воздействия радиации;	Основные законы химической кинетики, границы применения кинетических моделей; кинетику твердофазных реакций, протекающих в условиях импульсной активации (механохимической, радиационно-термической)	выполнить первичную обработку кинетических кривых с целью применимости той или иной кинетической модели;	Владеть навыками проведения кинетических исследований
	ПК-2	Способность к решению профессиональных производственных			

	задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, материалов, и энергетических затрат, совершенствования контроля технологического процесса			
--	---	--	--	--

3. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Химическая кинетика гетерогенных процессов» относится к вариативной части блока 1 ОП, дисциплина по выбору.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы.

Виды учебной работы	Всего акад. часов	Семестр 8
		академ. час.
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	73,9	73,9
Лекции	36	36
Лабораторные работы	18	18
Консультации текущие	1,8	1,8
зачет	0,1	0,1
Виды аттестации зачет	зачет	зачет
Самостоятельная работа:	106	106
Домашнее задание	10ч.лек · 1 ч =10	10
Проработка материалов по лекциям, презентациям	27	27
Проработка материалов по учебникам	59	59
Отчет по лабораторным работам	10	10

5 Содержание дисциплины, структурированного по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

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

1.	Введение. Кинетическая классификация химических реакций	Общие понятия. Скорость химической реакции. Обратимые и необратимые реакции. Кинетическая классификация. Молекулярность. Порядок реакции. Методы определения порядка реакции.
2.	Кинетика реагирования	Кинетические теории. Кинетика гетерогенных реакций. Поверхность раздела. Модели процессов гетерогенного реагирования. Квазигомогенная модель. Модель с фронтальным перемещением зоны реакций. Стадии реагирования. Способы определения лимитирующей стадии. Кинетические модели топохимических реакций. Кинетические модели, выведенные на представлении о цепном механизме реакций.
3	Процессы сорбции	Адсорбционно-химические стадии гетерогенных реакций. Хемосорбция. Кинетика реакций твердое-газ. Кинетика реакций газ-жидкость. Адсорбционное соосаждение. Адсорбция на полярных (ионных) кристаллах. Первичная потенциалообразующая и обменная адсорбция, вторичная обменная адсорбция, их закономерности. Уравнение Ратнера. Внутренняя адсорбция. Значение адсорбционных явлений в радиохимии. Применение неспецифических неизотопных носителей в радиохимии. Классификация хроматографических методов по различным признакам. Экстракция, основные понятия и определения. Изотерма экстракции и закон Бертло-Нернста. Экстракция нейтральными органическими веществами: сольватный и гидратно-сольватный механизмы, влияние различных факторов на коэффициент распределения. Применение экстракции в радиохимии. Особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ЛР, час	СРО, час
1.	Введение. Кинетическая классификация химических реакций	6	6	26
2.	Кинетика реагирования	15	6	40
3.	Процессы сорбции	15	6	40

5.3.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
-------	----------------------	-----------------------------	-------------------

	дисциплины		
1.	Введение. Кинетическая классификация химических реакций	Общие понятия. Скорость химической реакции. Обратимые и необратимые реакции. Кинетическая классификация. Молекулярность. Порядок реакции. Методы определения порядка реакции.	3 3
2.	Кинетика реагирования	Кинетические теории. Кинетика гетерогенных реакций. Поверхность раздела. Модели процессов гетерогенного реагирования. Квазигомогенная модель. Модель с фронтальным перемещением зоны реакций. Стадии реагирования. Способы определения лимитирующей стадии. Кинетические модели топохимических реакций. Кинетические модели, выведенные на представлении о цепном механизме реакций.	4 6 2 3
3.	Процессы сорбции	Адсорбционно-химические стадии гетерогенных реакций. Хемосорбция. Кинетика реакций твердое-газ. Кинетика реакций газ-жидкость. Адсорбционное соосаждение. Адсорбция на полярных (ионных) кристаллах. Первичная потенциалобразующая и обменная адсорбция, вторичная обменная адсорбция, их закономерности. Уравнение Ратнера. Внутренняя адсорбция. Значение адсорбционных явлений в радиохимии. Применение неспецифических неизотопных носителей в радиохимии. Классификация хроматографических методов по различным признакам. Экстракция, основные понятия и определения. Изотерма экстракции и закон Бертло-Нернста. Применение экстракции в радиохимии. Особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений	4 6 2 3

5.2.2 Лабораторные работы

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика	Трудоемкость, час
1	Введение. Кинетическая классификация химических реакций	Техника работы и техника безопасности. Характеристика методов и их аппаратного оформления. Графический метод определения порядка реакции. Определение энергии активации. Изучение кинетики каталитических реакций на примере разложения перекиси водорода.	6

2	Кинетика реагирования	Неизотермическая кинетика. Методы термического анализа. Термогравиметрия реакций твердое-газ.	6
3	Процессы сорбции	Экстракция нейтральными органическими веществами: сольватный и гидратно-сольватный механизмы, влияние различных факторов на коэффициент распределения. Бумажная хроматография.	6

5.2.3 Самостоятельная работа (СР)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1	Введение. Кинетическая классификация химических реакций	Проработка материалов по конспекту лекций; подготовка по учебникам; Оформление отчетов по лабораторным работам;	26
2	Кинетика реагирования	Проработка материалов по учебникам; Оформление отчетов по лабораторным работам;	40
3	Процессы сорбции	Домашнее задание Проработка материалов по конспекту лекций; подготовка по учебникам; Оформление отчетов по лабораторным работам;	40

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика [Текст]/ И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт ; пер. с англ. В. И. Ролдугина. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 500 с.
2. Лейкин Ю.А. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов [Текст] / Ю.А. Лейкин.- Издательство: "Лаборатория знаний", 2015 - 416 с.
3. Колпакова Н.А., Сборник задач по химической кинетике [Текст]/ Н.А. Колпакова, С.В. Романенко, В.А. Колпаков – М.:, Изд-во Лань. 2018 – 280 с.

6.2 Дополнительная литература:

1. Курина, Лариса Николаевна. Практические работы по адсорбции и гетерогенному катализу: учебное пособие для вузов [Текст] / Л. Н. Курина, Л. М.Коваль. — Томск : изд-во Томского ун-та, 1987. — 120 с.
2. Еремин В.В. Задачи по физической химии [Текст] /В.В.Еремин, С.И.Каргов, И.А.Успенская и др. – М.: Изд-во «Экзамен». 2003. – 320с.
4. Цимерманис Л. Сорбция, структурообразование, массоперенос. [Текст] / Л. Цимерманис – М.: Изд-во Алекс. 2006. – 232с.

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Учебное пособие «Катализаторы и сорбенты» [Электронный ресурс]: С.И. Нифталиев, Л.В. Лыгина, И.В. Кузнецова; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж: ВГУИТ, 2016. - 53 с.

<http://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/97008>

6.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимой для освоения дисциплины (модуля)

. Учебно-методический комплекс модуля дисциплины, размещенный в электронно-образовательной среде ВГУИТ

<http://www.education.vsuet.ru/course/view.php?id=619>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/
Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp?
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsuet.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsuet.ru/

6.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Освоение закрепленных за дисциплиной компетенций осуществляется посредством изучения теоретического материала на лекциях, выполнения лабораторных работ. Учебно-методический комплекс дисциплины размещен в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsuet.ru/course/view.php?id=859>.

2. Самостоятельная работа студентов предполагает работу с отечественной литературой, учебниками, конспектами лекций, учебным пособием для выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Катализаторы и сорбенты», /С.И. Нифталиев, Л.В. Лыгина, И.В. Кузнецова, Воронеж: ВГУИТ, 2016 г., размещенные в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsuet.ru/course/view.php?id=859>. Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в виде тестирования.

3. Данылиев, М. М. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 32 с. <http://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>

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

Используемые виды информационных технологий:

- «электронная»: персональный компьютер и информационно-поисковые (справочно-правовые) системы;
 - «компьютерная» технология: персональный компьютер с программными продуктами разного назначения (ОС Windows; MSOffice; КОМПАС-График; СПС «Консультант плюс»);
 - «сетевая»: локальная сеть университета и глобальная сеть Internet.
1. Тестовые задания в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/>.
 2. Microsoft Windows XP; Microsoft Windows 2008 R2 Server; Microsoft Office 2007 Professional 07.
 3. Информационная справочная система. Портал фундаментального химического образования ChemNet. Химическая информационная сеть: Наука, образование, технологии <http://www.chemnet.ru>
 4. Информационная справочная система. Сайт о химии. Неорганическая химия. <http://www.xumuk.ru/nekrasov>
 5. Отечественные базы данных по химии <http://www.chem.msu.su/rus/library/rusdbs.html>
 6. Химия. Базы данных. http://elementy.ru/catalog/t39/Khimiya/g29/bazy_dannykh

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Лекционная аудитория № 37, № 020 кафедры неорганической химии и химической технологии, оснащенная мультимедийной техникой: мультимедийный проектор Ben Q MW 519; сетевой коммутатор для подключения к компьютерной сети (Интернет);
2. Аудитории № 029, 027, 022, 016, 025 кафедры неорганической химии и химической технологии с необходимым оборудованием для проведения лабораторных работ:
 - рН-метр РНер-4,
 - дифференциальный теплопроводящий микрокалориметр МИД - 200,
 - аналитические весы ВЛР – 200,
 - технические весы NKS – 1008,
- наборы химической посуды и реактивов для выполнения лабораторного практикума,
 - печь муфельная ЭКПС 10,
 - термостат электрический суховоздушный охлаждающий ТСО-1/80,
 - шкаф сушильный ШС-80-01,
 - наборы для демонстрационных опытов: гальванический элемент, химическое равновесие, электролиты и др.
3. Таблицы:
 - 3.1. Периодическая система элементов Д. И. Менделеева
 - 3.2. Электроотрицательность элементов
 - 3.3. Таблица растворимости кислот, оснований, солей
 - 3.4. Стандартные электродные потенциалы металлов
 - 3.5. Плакаты по свойствам атомов химических элементов.
4. Модели пространственного строения молекул и кристаллических решеток.

5. Демонстрационные опыты на лекциях по каждой теме.

6. Коллекция природных минералов, образцов простых и сложных веществ по каждой группе периодической системы химических элементов.

7. Аппаратура, применяемая для НИРС:- криоскоп Testo 735-2, потенциостатический комплекс IPC – Compact, аналитические весы WA 34 TYP PRLT A-14, термоанализатор STA 409 LUXX фирмы NETZSCH.

8. Центр коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов», оснащенные специализированной мебелью для занятий, химической посудой; весами техническими – WS-23.; весами аналитическими ВЛР-200,WA-34; иономером U-130; термостатом U-8; термометром Testo; pH-метром РНер-4; Колориметром КФК-2, КФК-2МП; микрокалориметром МИД-200; вольтметрами цифровыми – Щ68003; pH-метрами 121, 340; шкафом сушильным 2В-151; аквадистиллятором ДЭ-15; прибором синхронного термического анализа STA.

9. Аудитория № 39 кафедры неорганической химии и химической технологии для самостоятельной работы, оснащенная комплектами мебели для учебного процесса, компьютерами со свободным доступом в Интернет.

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

8.1 **Оценочные материалы (ОМ)** для дисциплины включают в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

- 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;

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

8.2 Для каждого результата обучения по дисциплине определяются показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

ОМ представляются отдельным комплектом и входят в состав рабочей программы дисциплины.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ 2.4.17-2017 «Положение об оценочных материалах».

Документ составлен в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, специализация № 3 "Технология теплоносителей и радиоэкология ядерных энергетических установок".