




Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры

 Л.Д. Аснин
к.х.н., доцент кафедры ХБТ

« 20 » « май » 2022 г.

Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры

«Макрокинетика химических реакций в гетерогенных системах»

Научная специальность	1.4.4. Физическая химия
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Физическая химия
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Химия и биотехнология (ХБТ)
Форма обучения	Очная
Курс: 3	Семестр (ы): 5
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен:	Зачет: 5 Диф.зачет

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Макрокинетика химических реакций в гетерогенных системах» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области макрокинетики химических реакций в гетерогенных системах.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Макрокинетика химических реакций в гетерогенных системах» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.4.4. – Физическая химия..

Кандидатский экзамен представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- кинетические закономерности протекания химических стадий гетерогенных реакций;
- кинетические закономерности протекания диффузионных стадий гетерогенных реакций;
- макрокинетические режимы протекания гетерогенных реакций;
- закономерности влияния физико-химических факторов на интенсивность массопереноса реагентов, скорость химических превращений и макроскопическую скорость гетерогенных реакций.

Уметь:

- определять кинетические параметры диффузионных стадий гетерогенных реакций;
- определять кинетические параметры химических стадий гетерогенных реакций;
- определять макрокинетический режим протекания гетерогенных реакций.

Владеть:

- методами экспериментального изучения макрокинетики химических реакций в гетерогенных системах;
- методами расчёта кинетических параметров химических реакций в гетерогенных системах.
- методами управления макроскопической скоростью гетерогенных реакций в различных макрокинетических режимах их протекания.
-

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	17
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	6
	Самостоятельная работа (СР)	55
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Макрокинетика химических реакций в гетерогенных системах
(Л – 5, ПР - 6, СР – 55)

Тема 1. Кинетические закономерности протекания химических стадий гетерогенных реакций

Скорость химической реакции. Механизм химической реакции. Молекулярность. Порядок реакции. Формальная кинетика химических реакций. Методы определения порядка реакции. Влияние температуры на скорость реакции. Энергия активации. Кинетические теории: теория столкновений; теория активированного комплекса.

Тема 2. Кинетические закономерности протекания диффузионных стадий гетерогенных реакций

Кинетика массопереноса реагентов в пределах одной фазы: молекулярная диффузия и конвективный массоперенос. Уравнение конвективного массопереноса. Модели массоотдачи: плёночная модель; модель пограничного диффузионного слоя; модель обновления поверхности. Кинетика межфазного транспорта реагентов (массопередачи). Основное уравнение массопередачи. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. Взаимосвязь движущей силы массоотдачи и массопередачи с растворимостью реагентов в фазе, являющейся реакционным пространством. Кинетические параметры диффузионных стадий гетерогенных реакций: коэффициент молекулярной диффузии; коэффициент массоотдачи; коэффициент массопередачи. Взаимосвязь между химическим составом, структурой и свойствами реакционных сред, определяющими интенсивность диффузионных стадий гетерогенных реакций. Влияние различных факторов на коэффициент молекулярной диффузии, коэффициент массоотдачи, коэффициент массопередачи.

Тема 3. Макрокинетические режимы протекания гетерогенных реакций

Механизм протекания гетерогенной реакции. Стадии гетерогенной реакции. Лимитирующая стадия и пути её определения. Макроскопическая скорость гетерогенной реакции. Понятие о макрокинетическом режиме протекания гетерогенной реакции. Макрокинетические режимы гетерогенных реакций: режим медленной реакции; режим

быстрой реакции; режим внутренней мгновенной реакции; режим поверхностной реакции. Изменение макрокинетического режима реакции под действием различных факторов. Традиционные пути повышения скорости гетерогенных реакций за счёт интенсификации межфазного массопереноса реагентов. Интенсификация массопереноса за счёт увеличения площади поверхности контакта фаз.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Методы экспериментального изучения кинетики массопереноса реагентов в ходе гетерогенных реакций	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	3	Расчёт кинетических параметров гетерогенных реакций: коэффициент ускорения; критерий Хатта; константа скорости химической реакции	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Кинетика гомогенных реакций в водных растворах. Гомогенный катализ реакций в водной фазе с участием малорастворимых в ней газов. Гетерогенный катализ реакций в водной фазе с участием малорастворимых в ней газов. Определение константы скорости гомогенной реакции по экспериментальным данным. Определение энергии активации по экспериментальным данным.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Законы Фика. Уравнение конвективного массопереноса. Пенетрационные модели Хигби и Данквертса.	Творческое задание	Темы творческих заданий

		<p>Плѐночная модель. Основное уравнение массопередачи: вывод и анализ. Объѐмный коэффициент массопередачи. Коэффициент массопередачи и массоотдачи. Константа фазового равновесия (коэффициент распределения). Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. Удельная поверхность контакта фаз: понятие и методы определения. Движущая сила массоотдачи и массопередачи. Равновесная концентрация реагента в фазе в отсутствии реакции с его участием. Расчѐт коэффициента молекулярной диффузии реагентов. Расчѐт коэффициента массопередачи по экспериментальным данным и на основе корреляционных зависимостей. Влияние химического состава на структуру и свойства реакционных сред (вязкость, поверхностное натяжение, растворимость и скорость молекулярной диффузии реагентов).</p>		
3	3	<p>Закономерности протекания гетерогенных реакций в различных макрокинетических режимах. Факторы, влияющие на скорость диффузионно-контролируемые гетерогенные реакции. Факторы, влияющие на скорость кинетически - контролируемые гетерогенные реакции. Факторы, влияющие на переход реакций из одного макрокинетического режима в другой. Закономерности массопереноса реагентов при барботаже и эмульгировании.</p>	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Макрокинетика химических реакций в гетерогенных системах» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;

2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;

3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Буданов В.В. Химическая кинетика: учебное пособие для вузов /В.В. Буданов, Т.Н. Ломова, В.В. Рыбкин. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2014. - 283 с.	1 + ЭБС «Лань»
2	Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика: учебное пособие для вузов: пер. с англ. / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. - 2-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 501 с.	8
3	Морачевский А.Г. Физическая химия. Гетерогенные системы: учебное пособие для вузов / А.Г. Морачевский, Е.Г. Фирсова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2015. - 184 с.	2 + ЭБС «Лань»
4	Морачевский А.Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2015. - 155 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64335 , по IP-адресам компьютер. сети ПНИПУ	ЭБС «Лань»
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Нигматуллин Н.Г. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2015. - 276 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=67473 , по IP-адресам компьютер. сети ПНИПУ	ЭБС «Лань»
2	Попова А.А. Физическая химия: учебное пособие / А.А. Попова, Т.Б. Попова. - Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 494 с.	1 + ЭБС «Лань»
3	Морачевский А.Г. Физическая химия. Термодинамика химических реакций [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Морачевский, Е.Г. Фирсова. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2015. - 101 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64336 , по IP-адресам компьютер. сети ПНИПУ	ЭБС «Лань»
2.2 Периодические издания		
1	Журнал физической химии	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2	Катализ в промышленности	
2.3 Нормативно-технические издания		
1	-	
2.4 Официальные издания		
1	-	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / [Электрон. б-ка дис.](http://elibrary.ru) – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : мультидисциплинар. электрон. версии журн. на ин. яз.] / [Науч. электрон. б-ка.](http://elibrary.ru) – Москва, 2000-2016. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Национальна Электронная Библиотека [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн. по всем отраслям знания] / М-во культуры Рос. Федерации. – [Москва, 2016]. – Режим доступа: <http://нэб.пф>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

6. Электронно-библиотечная система Библиокомплектатор [Электронный ресурс] : [платформа и полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Ай Пи Эр Медиа, Ай Пи Ар Букс. – [Саратов, 2016]. – Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. ScienceDirect [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. науч. журн. и кн. по обществ., естеств. и техн. наукам на англ. яз.] / Elsevier B. V. – Amsterdam, 2016. – Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8. ACS Publications [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. журн. по хим. наукам на англ. яз.] / American Chemical Society (ACS). –

Washington, 2016. – Режим доступа: <http://www.pubs.acs.org>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

9. Springer [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. журн., кн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам, протоколы исследований на англ. и нем. яз.] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Cham, 2016. – Режим доступа: <http://link.springer.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

10. Wiley Online Library [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / John Wiley & Sons, Inc. – Hoboken, 1999-2016. – Режим доступа: <http://www.onlinelibrary.wiley.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

11. EBSCO Databases [Электронный ресурс] : [полнотекстовые базы данных журн. и кн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам на ин. яз.] / EBSCO Publishing. – Ipswich, 2016. – Режим доступа: <http://search.ebscohost.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

12. SAGE Journals [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / SAGE Publications. – Los Angeles, 2016. – Режим доступа: <http://online.sagepub.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

13. Taylor & Francis Online [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / Informa UK Ltd. – London, 2016. – Режим доступа: <http://www.tandfonline.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

14. JSTOR: Arts & Sciences VII Collection [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманитар., обществ. и естеств. наукам на англ. яз.] / ИТНАКА. – New York, 2000-2016. – Режим доступа: <http://www.jstor.org>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

15. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманитар., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

16. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

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

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
---------------	---	-------------------	---	------------------------

1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	5	Оперативное управление	215, корпус Б (ХТФ)

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

• Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

• Защита отчета о творческом задании

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине по результатам выполнения заданий практических занятий.

• Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче зачета:

Оценка результатов обучения по дисциплине «Макрокинетика химических реакций в гетерогенных системах» проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант выполнил все задания на практических занятиях.
<i>Незачтено</i>	Аспирант не выполнил одно или более заданий на практических занятиях

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

10.1. Типовые творческие задания:

1. На основе анализа данных из научных периодических источников обобщить информацию о кинетике (константа скорости, порядок, энергии активации реакции) взаимодействия растворённого в воде озона с 4-нитрофенолом. Выявить общие закономерности и противоречия в данных разных авторов. Сформулировать в данном направлении цель исследования, обладающего научной новизной.
2. На основе анализа информации из научных периодических источников обобщить данные о кинетике массопереноса озона (объёмный коэффициент массопередачи, удельная поверхность контакта фаз, газосодержание) из газовой фазы в водный раствор фенола. Выявить общие закономерности и противоречия в данных разных авторов. Сформулировать в данном направлении цель исследования, обладающего научной новизной.
3. На основе анализа информации из научных периодических источников предложить методику эксперимента по определению макрокинетического режима гетерогенной реакции взаимодействия озона с растворённой в воде щавелевой кислотой. Обобщить данные о макрокинетике озонирования водных растворов щавелевой кислоты. Выявить общие закономерности и противоречия в данных разных авторов. Сформулировать в данном направлении цель исследования, обладающего научной новизной.
4. На основе анализа информации из научных периодических источников обобщить данные по влиянию силиконового масла на массоперенос кислорода и макрокинетику гетерогенных реакций с его участием в системах воздух - вода. Выявить общие закономерности и противоречия в данных разных авторов. Сформулировать в данном направлении цель исследования, обладающего научной новизной.
5. На основе анализа информации из научных периодических источников обобщить данные по влиянию частиц активированного угля на массоперенос кислорода и макрокинетику гетерогенных реакций с его участием в системах воздух - вода. Выявить общие закономерности и противоречия в данных разных авторов. Сформулировать в данном направлении цель исследования, обладающего научной новизной.

10.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Скорость химической реакции. Механизм химической реакции. Молекулярность. Порядок реакции.
2. Формальная кинетика химических реакций. Методы определения порядка реакции.
3. Влияние температуры на скорость реакции. Энергия активации.
4. Кинетические теории: теория столкновений; теория активированного комплекса.

5. Кинетика массопереноса реагентов в пределах одной фазы: молекулярная диффузия и конвективный массоперенос. Уравнение конвективного массопереноса.
6. Модели массоотдачи: плёночная модель; модель пограничного диффузионного слоя; модель обновления поверхности.
7. Кинетика межфазного транспорта реагентов (массопередачи). Основное уравнение массопередачи. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений.
8. Взаимосвязь движущей силы массоотдачи и массопередачи с растворимостью реагентов в фазе, являющейся реакционным пространством.
9. Кинетические параметры диффузионных стадий гетерогенных реакций: коэффициент молекулярной диффузии; коэффициент массоотдачи; коэффициент массопередачи.
10. Взаимосвязь между химическим составом, структурой и свойствами реакционных сред, определяющими интенсивность диффузионных стадий гетерогенных реакций.
11. Влияние различных факторов на коэффициент молекулярной диффузии, коэффициент массоотдачи, коэффициент массопередачи, растворимость реагентов.
12. Механизм протекания гетерогенной реакции. Стадии гетерогенной реакции. Лимитирующая стадия и пути её определения. Макроскопическая скорость гетерогенной реакции.
13. Понятие о макрокинетическом режиме протекания гетерогенной реакции. Макрокинетические режимы гетерогенных реакций: режим медленной реакции; режим быстрой реакции; режим внутренней мгновенной реакции; режим поверхностной реакции.
14. Изменение макрокинетического режима реакции под действием различных факторов. Традиционные пути повышения скорости гетерогенных реакций за счёт интенсификации межфазного массопереноса реагентов.
15. Интенсификация массопереноса за счёт увеличения площади поверхности контакта фаз. Барботаж. Эмульгирование.
16. Закономерности массопереноса в системе газ - жидкость - жидкофазные дисперсные частицы. Челночный механизм усиления массопереноса.
17. Влияние физико-химических свойств органических жидкостей на их способность усиливать массоперенос в системе газ - водная фаза.
18. Влияние гидродинамических условий на усиление массопереноса под действием органических жидкостей.
19. Закономерности массопереноса в системе газ – жидкость – твёрдофазные дисперсные частицы. Механизмы усиления массопереноса под действием тонкодисперсных твёрдофазных частиц.
20. Влияние физико-химических свойств твёрдофазных частиц на их способность усиливать массоперенос в системе газ - жидкость. Влияние гидродинамических условий на усиление массопереноса под действием твёрдофазных частиц.
21. Влияние растворимых в воде органических веществ на массоперенос реагентов в системе газ-жидкость. Влияние ионного состава водной фазы на массоперенос реагентов в системе газ-жидкость.
22. Влияние веществ – соразтворителей на скорость гетерогенных реакций в системах жидкость – жидкость.

10.3 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

1. Найдите в научном издании (в сети «Интернет») кинетическую зависимость минерализации щавелевой кислоты озоном в водной среде. Обработайте эту зависимость методами формальной химической кинетики. Определите кажущуюся константу скорости и порядок реакции.

2. Найдите в научном издании (в сети «Интернет») кинетическую зависимость насыщения водной среды кислородом в режиме барботажа. Обработайте эту зависимость с применением основного уравнения массопередачи. Определите объёмный коэффициент массопередачи кислорода.
3. Найдите в научном издании (в сети «Интернет») величину константы скорости реакции озона с щавелевой кислотой и коэффициент массопередачи озона из газовой фазы в водную среду. На основании этих данных спрогнозируйте макрокинетический режим процесса окисления щавелевой кислотой озоном в водной среде.
4. Найдите в научном издании (в сети «Интернет») величину коэффициента ускорения массопереноса кислорода в системе воздух – вода в присутствии перфтордекалина. Дайте прогноз, как будет действовать перфтордекалин на скорость массопереноса озона в системе воздух – вода.
5. Найдите в научном издании (в сети «Интернет») величину энтропии гидротации для ионов Cs^+ и Cl^- . На основе их значений дайте прогноз, как будет воздействовать хлорид цезия на структуры воды, её вязкость и скорость растворения в ней газов.

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачетов в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ХБТ».

Программа

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Кафедра

Автоматика и телемеханика

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

«Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»

БИЛЕТ № 1

1. Определение процессов управления проектами и групп процессов.
2. Сделать качественный и количественный анализ рисков проекта.
3. Составить план проекта по разработке информационной системы с учетом необходимости интеграции с действующей информационной системой предприятия.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Фамилия И.О.

« ____ » _____ 202 ____ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		