

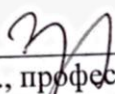


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры

 С.Х. Загидуллин
д.т.н., профессор кафедры ОАХП

«29» «08» 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры
«Избранные главы физикохимии гетерогенных процессов»**

Научная специальность	2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Процессы и аппараты химических технологий
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Оборудование и автоматизация химических производств (ОАХП)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр(ы): 4
Виды контроля с указанием семестра: Экзамен: Зачёт: 4 Диф.зачёт:	

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Избранные главы физикохимии гетерогенных процессов» 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 № 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 физикохимии гетерогенных процессов.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Избранные главы физикохимии гетерогенных процессов» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий.

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- классификацию и основные характеристики гетерогенных систем, и физические основы поверхностных явлений;

- основы теории получения и разрушения гетерогенных систем различной природы, реологию и структурно-механические характеристики гетерогенных систем.

Уметь:

- выполнять технологические расчёты аппаратов для получения и разделения гетерогенных систем;

- пользоваться технической и нормативной документацией, справочной и научно-технической литературой.

Владеть:

- навыками решения практических задач, связанных с выбором условий проведения химико-технологических процессов в гетерогенных системах;

- навыками расчёта и выбора оптимальных аппаратов нефтегазопереработки для решения конкретных производственных задач с участием гетерогенных систем;

- навыками работы с технической документацией на реакторы и аппараты нефтегазопереработки, работы со справочной и научно-технической литературой.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		4 семестр
1	Аудиторная работа	21
	В том числе:	
	Лекции (Л)	–
	Практические занятия (ПЗ)	16
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5
	Самостоятельная работа (СР)	51
	Форма итогового контроля:	Зачёт

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Поверхность раздела фаз и поверхностные явления

ПЗ – 4 ч, СР – 10 ч.

Тема 1. *Термодинамика поверхностного слоя, поверхностное натяжение.* Смачивание и растекание. Краевой угол смачивания. Закон Юнга. Адгезия, когезия и аутогезия. Закон Дюпре-Юнга. Капиллярные явления, законы Лапласа и Томсона-Кельвина. Капиллярное поднятие жидкостей, формула Жюрена.

Тема 2. *Поверхностные явления.*

Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Классификация ПАВ. Влияние ПАВ на смачивание и адгезию, применение в технике. Адсорбция. Физико-химические основы адсорбции на гладких поверхностях. Закон Генри, уравнения Ленгмюра, Фрейндлиха, теория полимолекулярной адсорбции БЭТ. Адсорбция на пористых телах. Основные характеристики адсорбентов, способы их получения.

Раздел 2. Образование и получение гетерогенных систем

ПЗ – 4 ч, СР – 10 ч.

Тема 3. *Методы получения гетерогенных систем.*

Метод диспергирования и дезагрегации. Способы интенсификации процесса. Эффект Ребиндера.

Тема 4. *Гипотезы диспергирования твёрдых материалов.*

Уравнения Ребиндера Риттингера, Кика-Кирпичёва.

Раздел 3. Конденсационно-кристаллизационный методы получения гетерогенных систем

ПЗ – 8 ч, СР – 31 ч.

Тема 5. *Гомогенное зародышеобразование новой фазы.*

Уравнение Кельвина-Томсона. Энергия Гиббса образования новой фазы.

Тема 6. *Гетерогенное зародышеобразование новой фазы.*

Теории процесса зародышеобразования.

Тема 7. *Термодинамика и кинетика зародышеобразования новой фазы.*

Две стадии образования и роста новой фазы.

Тема 8. *Кинетика роста новой фазы.*

Теории роста новой фазы.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	№ темы	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1, 2	Расчет скорости осаждения дисперсных частиц в жидкой и газообразной средах. Расчет процесса адсорбции на пористых телах.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	3, 4	Расчет работы диспергирования Расчет скорости разделения гетерогенных систем методом фильтрации через пористые перегородки.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
3	5, 6	Расчет кристаллизаторов периодического действия.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
4	7, 8	Расчет кристаллизаторов непрерывного действия.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

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 занятий

№ п.п.	№ темы	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1, 2	Теоретические основы поверхностных явлений	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	3, 4	Теоретические основы процессов получения гетерогенных систем методом диспергирования	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	5, 6	Теоретические основы процессов получения гетерогенных систем методом конденсации	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	7, 8	Теоретические основы процессов зародышеобразования и роста новой фазы	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Избранные главы физикохимии гетерогенных процессов» 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)	Кол-во экземпляров в библиотеке + кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Коллоидная химия: учебник для бакалавров / Е. Д. Шукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. – 7-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2013. – 444 с.	2
2	Физико-химическая динамика дисперсных систем и материалов: фундаментальные аспекты, технологические приложения: учебное пособие для вузов / Н. Б. Урьев. – Долгопрудный: Интеллект, 2013. – 231 с.	2
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Курс коллоидной химии: учебник / Д. А. Фридрихсберг. – 4-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2010. – 411 с.	11 + ЭБС «Лань»
2	Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебник для вузов / Ю. Г. Фролов. – 4-е изд. стер. – Москва: Альянс, 2009. – 463 с.	20
3	Загидуллин С.Х. Избранные главы физикохимии гетерогенных процессов (избранные главы). Конспект лекций / Перм. гос. техн. ун-т. - Пермь, 2005. – 57 с.	14 + Высш. школа ЭБ
4	Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Изд. МГУ, 2004. – 445 с. Учебник для вузов.	141
5	Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие – М.: ООО «Рус Медиа Консалт», 2004. – 576 с. М.: Альянс, 2006	481
		8
2.2 Периодические издания		
1	Журнал «Химическая промышленность сегодня»	
2	Журнал «Теоретические основы химической технологии»	
3	Журнал «Химическое и нефтегазовое машиностроение»	
4	Журнал «Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология»	
5	Журнал «Журнал прикладной химии»	
2.3 Нормативно-технические издания		
	–	
2.4 Официальные издания		
	–	

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. 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.

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

5. 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.

6. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных правовой информ.: док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных правовой информ.: законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки 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.)	№ аудитории
1	2	3	4	5
1	Установка каталитического крекинга с шариковым катализатором	1	оперативное управление	019, к. Б
2	Теплообменник пластинчатого типа	1	оперативное управление	105, к. Б
3	Лабораторная ректификационная колонна	1	оперативное управление	105, к. Б
4	Макет колонного аппарата для получения битумов	1	оперативное управление	011, к. Б
5	Лабораторные барабанные вакуум-фильтры	1	оперативное управление	105, к. Б, 011, к.Б
6	Макет колонного аппарата для селективной очистки масел	1	оперативное управление	011, к. Б
7	Компьютер Intel Pentium 4 CPU 2,4 GHz	5	оперативное управление	110, к. Б
8	Intel Pentium 2 350 MHz.	1	оперативное управление	110, к. Б
9	AMD Athlon (tm) 1 ГГц	2	оперативное управление	110, к. Б
10	AMD Athlon (tm) XP 15007	1	оперативное управление	110, к. Б
11	AMD Athlon (tm) 900 MHz.	1	оперативное управление	110, к. Б
12	Intel Celeron 400 MHz.	1	оперативное управление	110, к. Б

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачёт, проводимый с учётом 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 отчёта о творческом задании (при наличии задания)

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 зачёта по дисциплине, в устно-письменной форме.

Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче зачёта:

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время зачёта.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачёта приведены в табл. 5

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на зачёте

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачёт</i>	Аспирант уверенно или менее уверенно выступил с докладом на зачёте. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала, показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачёт</i>	Аспирант неуверенно выступил с устным докладом на зачёте или не подготовил ответ. При ответах аспирант продемонстрировал фрагментарные знания . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов и неточностей. Продemonстрировал частично усвоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.

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

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи зачёта по дисциплине «Избранные главы физикохимии гетерогенных процессов» разработан с учётом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Сделать обзор химико-технологического оборудования, в котором протекают процессы с участием гетерогенных систем.

2. Обзор методов расчёта процессов с участием гетерогенных систем.

3. Обзор нормативной и технической документации по физикохимии гетерогенных систем.

Типовые контрольные вопросы:

1. Особенности процессов, протекающих с участием гетерогенных систем.

2. Способы увеличения кинетических характеристик процессов, протекающих в гетерогенных системах.

3. Принцип действия реакторов и аппаратов нефтегазопереработки с участием гетерогенных систем.

Типовые контрольные задания:

1. По заданным результатам эксперимента определить кинетику роста кристаллов в условиях массовой кристаллизации.

2. По заданным преподавателем данным выполнить расчёт габаритных размеров адсорбционного аппарата.

3. По заданным преподавателем данным определить работу, необходимую для диспергирования 1 тонны известняка.

Полный комплект вопросов и заданий хранится на кафедре «ОАХП».

Лист регистрации изменений

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