



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**



**Рабочая программа дисциплины
«Фазовые равновесия и фазовые превращения»**

Направление подготовки	04.06.01 Химические науки
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Гетерогенные реакции
Научная специальность	02.00.01 Неорганическая химия
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Химия и биотехнология (ХиБТ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен: -	Зачёт: 3

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «**Фазовые равновесия и фазовые превращения**» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 869 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 04.06.01 - Химические науки;
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 02.00.01 - Неорганическая химия, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 02.00.01 - Неорганическая химия.

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ХиБТ
Протокол от « » _____ 2017 г. № ____ .

Зав. кафедрой д-р техн. наук, проф.
(учёная степень, звание)



(подпись)

Н.Б. Ходяшев
(Фамилия И.О.)

Разработчик канд. хим. наук, доц.
программы (учёная степень, звание)



(подпись)

Д.А. Казаков
(Фамилия И.О.)

Руководитель д-р. хим. наук, проф.
программы (учёная степень, звание)



(подпись)

В.В. Вольхин
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник УПКВК



(подпись)

Л.А. Свисткова

1. Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области фазовых равновесий и фазовых превращений.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие **компетенции**:

- Способность демонстрировать системное понимание в области взаимосвязи между составом, структурой и свойствами неорганических соединений, включая их реакционную способность (ПК-1).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

• **формирование знаний**

- изучение основных современных направлений развития исследований в области фазовых равновесий и фазовых превращений;

• **формирование умений**

- формирование умения теоретически анализировать и экспериментально изучать фазовые равновесия и превращения;

• **формирование навыков**

- формирование навыков моделирования и регулирования фазовых равновесий и перевода гетерогенных систем в гомогенное состояние.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- фазовые равновесия в гетерогенных системах и их закономерности;
- фазовые переходы и их закономерности;
- методы экспериментального изучения фазовых равновесий в гетерогенных системах;
- методы моделирования фазовых равновесий в гетерогенных системах.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.ДВ.01.3 «**Фазовые равновесия и фазовые превращения**» является дисциплиной по выбору вариативной части цикла базового учебного плана.

Дисциплина используется при выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- закономерности фазовых равновесий в гетерогенных системах;
- закономерности фазовых переходов;
- термодинамическое описание фазовых равновесий и переходов;
- закономерности влияния физико-химических факторов на фазовые равновесия и переходы;
- основы физико-химического анализа;

Уметь:

- анализировать фазовые диаграммы;
- анализировать данные физико-химического анализа.

Владеть:

- методами экспериментального изучения фазовых равновесий и переходов;
- навыками регулирования фазовых равновесий и перевода гетерогенных систем в гомогенное состояние.
- методами моделирования фазовых равновесий.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

Код ПК-1	Формулировка компетенции
	Способность демонстрировать системное понимание в области взаимосвязи между составом, структурой и свойствами неорганических соединений, включая их реакционную способность

Код ПК-1 Б1.ДВ.01.3	Формулировка дисциплинарной части компетенции
	Способность демонстрировать системное понимание закономерностей, определяющих взаимосвязи между химическим составом реакционных сред и реализующихся в них фазовых равновесиях и переходах

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: - закономерности фазовых равновесий в гетерогенных системах; - закономерности фазовых переходов; - термодинамическое описание фазовых равновесий и переходов; - закономерности влияния физико-химических факторов на фазовые равновесия и переходы; - основы физико-химического анализа.	Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.	Собеседование.
Уметь: - анализировать фазовые диаграммы; - анализировать данные физико-химического анализа.	Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.	Собеседование. Творческое задание.
Владеть: - методами экспериментального изучения фазовых равновесий и переходов; - навыками регулирования фазовых равновесий и перевода гетерогенных систем в гомогенное состояние. - методами моделирования фазовых равновесий.	Самостоятельная работа аспирантов.	Собеседование. Творческое задание.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы
 Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	36
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	32
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
2	Самостоятельная работа (СР)	72
3	Итоговая аттестация по дисциплине: зачёт	-
4	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (3 семестр)

Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий						Трудоёмкость, ч / ЗЕ
		аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль	Самостоятельная работа	
		всего	Л	ПЗ				
1	1	4	-	4	0,5	-	9	13,5/0,375
	2	4	-	4	0,5	-	9	13,5/0,375
	3	4	-	4	0,5	-	9	13,5/0,375
	4	4	-	4	0,5	-	9	13,5/0,375
	5	4	-	4	0,5	-	9	13,5/0,375
	6	4	-	4	0,5	-	9	13,5/0,375
	7	4	-	4	0,5	-	9	13,5/0,375
	8	4	-	4	0,5	-	9	13,5/0,375
Всего по разделу:		32	-	32	4	-	72	108/3
Промежуточная аттестация		-	-	-	-	-	-	-
Итого:		32	-	32	4	-	72	108/3

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (3 семестр)

Раздел 1. Закономерности фазовых равновесий и переходов
 (ПЗ – 32, СР – 72)

Тема 1. Основные термодинамические соотношения, описывающие фазовые равновесия и переходы

Общие понятия о гетерогенных равновесиях и фазовых переходах. Термодинамические потенциалы и характеристические функции. Химический потенциал. Метод активности. Правило фаз Гиббса. Уравнение Гиббса – Дюгема.

Тема 2. Равновесие фаз в однокомпонентных системах

Основные элементы фазовой диаграммы. Типы фазовых диаграмм. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Полиморфные превращения в твердых фазах. Фазовые переходы первого и второго рода.

Тема 3. Равновесие в системах жидкость - жидкость

Жидкие смеси, их гомогенизация и расслаивание. Фазовые диаграммы. Взаимная растворимость жидкостей. Распределение компонента между двумя несмешивающимися фазами. Экстракция.

Тема 4. Равновесие в системах жидкость – твёрдое тело

Растворимость твёрдых веществ в жидкости. Равновесие плавления. Бинарные смеси. Многокомпонентные системы.

Тема 5. Равновесие в системах пар - жидкость

Равновесие идеальный раствор - идеальная паровая фаза. Равновесие реальный раствор - идеальная паровая фаза. Условия равновесия на кривой жидкость – пар.

Тема 6. Равновесие фаз в трехкомпонентных системах

Способы изображения состава в трехкомпонентных системах. Фазовые равновесия в простейших трехкомпонентных системах. Трехкомпонентные системы с простыми эвтектиками в граничных системах.

Тема 7. Экспериментальные методы исследования фазовых равновесий и переходов

Фазовая диаграмма и данные, необходимые для её построения. Основные положения физико-химического анализа. Принципы физико-химического анализа: принцип непрерывности, принцип соответствия, принцип совместимости.

Тема 8. Моделирование фазовых равновесий

Метод групповых вкладов в прогнозировании свойств органических веществ. Модель UNIFAC. Расчёт коэффициентов активности компонентов в фазах гетерогенной системы. Алгоритм итерационного приближения к выполнению условий фазового равновесия. Прогнозирование равновесного состава несмешивающихся жидких фаз в политермических условиях.

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий (из пункта 4.2.2)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Термодинамические закономерности фазовых равновесий и переходов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Фазовые равновесия и переходы в однокомпонентных системах	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	3	Закономерности фазового равновесия в системах жидкость - жидкость	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

				Темы творческих заданий.
4	4	Закономерности фазового равновесия в системах жидкость – твёрдое тело	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	5	Закономерности фазового равновесия в системах пар - жидкость	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
6	6	Закономерности фазового равновесия в трехкомпонентных системах	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
7	7	Методы экспериментального изучения фазовых равновесий и переходов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
8	8	Математические модели для прогнозирования фазовых равновесий	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов.

Таблица 4

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Фугитивность и коэффициент активности. Выбор стандартного состояния. Термодинамические условия фазового равновесия.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Критическое состояние вещества. Жидкокристаллическое состояние вещества. Сверхкритическое состояние вещества.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
3	3	Смешиваемость и термодинамическая	Собеседование	Вопросы по темам / разделам

		стабильность. Бинарные смеси. Трёх – и многокомпонентные смеси.		дисциплины
4	4	Различные случаи равновесия в конденсированных системах с участием твердой фазы: компоненты неограниченно смешиваются в жидком состоянии и практически не взаимодействуют в твердом состоянии; компоненты неограниченно растворимы друг в друге как в жидком, так и в твердом состояниях и не образуют между собой химических соединений; компоненты имеют ограниченную растворимость в твердом состоянии и неограниченную взаимную растворимость в жидком состоянии; компоненты образуют прочные химические соединения, устойчивые вплоть до температуры плавления; компоненты образуют непрочное химическое соединение, разлагающееся ниже температуры плавления; компоненты в жидком состоянии не полностью смешиваются.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	Законы Д. П. Коновалова. Законы М. С. Вревского. Дистилляционные процессы.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	6	Трехкомпонентные системы с образованием конгруэнтноплавящегося соединения в одной из граничных систем. Трехкомпонентные жидкофазные системы с областями расслаивания. Тройные взаимные системы.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7	7	Методы физико-химического анализа гетерогенных систем. Термический и дифференциально-термический методы анализа. Термограммы. Микроструктурный анализ. Рентгенофазовый анализ.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
8	8	Прогнозирование	Собеседование	Вопросы по

		растворимости газов в жидкостях с применением параметров Хансена.		темам / разделам дисциплины
--	--	---	--	-----------------------------

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Фазовые равновесия и фазовые превращения» 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;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность аспирантов в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Фазовые равновесия и фазовые превращения» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

<p>Б1.ДВ.01.3 «Фазовые равновесия и фазовые превращения»</p>	<p>БЛОК 1</p>						
<p><i>(индекс и полное название дисциплины)</i></p>	<p><i>(цикл дисциплины/блок)</i></p>						
<table border="1"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">x</td></tr> </table>		x	<p>базовая часть цикла вариативная часть цикла</p>	<table border="1"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">x</td></tr> </table>		x	<p>обязательная по выбору аспиранта</p>
x							
x							
<p>04.06.01/ 02.00.01</p>	<p>Химические науки / Гетерогенные реакции</p>						
<p><i>код направления / шифр научной специальности</i></p>	<p><i>(полные наименования направления подготовки / направленности программы)</i></p>						
<p>2016 <i>(год утверждения учебного плана)</i></p>	<p>Семестр(-ы): 3</p> <p>Количество аспирантов: 2</p>						

Химико-технологический факультет

Кафедра «Химия и биотехнология»

тел. 8(342)239-15-11; vvv@pstu.ru
(контактная информация)

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	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»
2	Попова А.А. Физическая химия: учебное пособие / А.А. Попова, Т.Б. Попова. - Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 494 с.	1 + ЭБС «Лань»

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
3	Афанасьев Б.Н. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Н. Афанасьев, Ю.П. Акулова. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2012. - 464 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4312 , по IP-адресам компьютер. сети ПНИПУ	ЭБС «Лань»
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и 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	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»
2.2 Периодические издания		
1	Журнал физической химии	
2.3 Нормативно-технические издания		
	-	
2.4 Официальные издания		
	-	

Основные данные об обеспеченности на _____

Основная литература обеспечена не обеспечена

Дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

_____ Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на _____

Основная литература обеспечена не обеспечена
(дата контроля литературы)

Дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

_____ Н.В. Тюрикова

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

8.3.1. Лицензионные ресурсы¹

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 гуманит., 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. – 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. – 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.рф>, 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 гуманит., 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 гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам, протоколы исследований на англ. и нем. яз.] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Cham,

¹ собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

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 гуманит., 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 гуманит., 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 гуманит., 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.
17. Oxford University Press. Journals [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / Oxford University Press. – Oxford, 2015. – Режим доступа: <http://www.oxfordjournals.org>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8.3.2. Открытые интернет-ресурсы

Использование открытых интернет - ресурсов не предусмотрено.

8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Per. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое, самостоятельная работа	Microsoft Office 2007 Professional	42661567	Подготовка отчетов по творческому заданию
2	Практическое, самостоятельная работа	Microsoft Windows 7 Professional	48648458	Операционная система

Начальник отдела технической поддержки _____

Д.Л. Климов

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

9.1. Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Компьютерный класс	Кафедра ХиБТ	215, корпус Б (ХТФ)	50	5

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

№ 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 "Декада"	5	Оперативное управление	215, корпус Б (ХТФ)

Лист регистрации изменений

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

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и инновациям

В.Н. Кортаев
» 2017 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине
«Фазовые равновесия и фазовые превращения»**

Направление подготовки	04.06.01 Химические науки
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Гетерогенные реакции
Научная специальность	02.00.01 Неорганическая химия
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Химия и биотехнология (ХиБТ)

Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен: -	Зачёт: 3

Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Фазовые равновесия и фазовые превращения» разработан на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 869 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 04.06.01 - Химические науки.
- Общая характеристика программы аспирантуры;
- Паспорт научной специальности 02.00.01 - Неорганическая химия, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума по научной специальности 02.00.01 - Неорганическая химия.

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ХиБТ

Протокол от « » _____ 2017 г. № ____.

Зав. кафедрой д-р техн. наук, проф.
(учёная степень, звание)



(подпись)

Н.Б. Ходяшев
(Фамилия И.О.)

Руководитель программы д-р. хим. наук, проф.
(учёная степень, звание)



(подпись)

В.В. Вольхин
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник управления
подготовки кадров
высшей квалификации



(подпись)

Л.А. Свисткова

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная дисциплина Б1.ДВ.02.4 «Поверхностные явления» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

ПК-1. Способность демонстрировать системное понимание в области взаимосвязи между составом, структурой и свойствами неорганических соединений, включая их реакционную способность.

1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра, в котором предусмотрены практические занятия и самостоятельная работа аспирантов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля	
	4 семестр	
	Текущий	Зачёт
Усвоенные знания		
3.1. Основные теоретические представления химии поверхностных явлений	С	ТВ
3.2. Современные достижения и тенденции развития науки о поверхностных явлениях	С	ТВ
3.3. Современные экспериментальные методы, используемые в исследовании поверхностных явлений.	С	ТВ
Освоенные умения		
У.1. Применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач химии поверхностных явлений	ОТЗ	ПЗ
У.2. Прогнозировать свойства границы раздела фаз на основании знаний о составе контактирующих фаз	ОТЗ	ПЗ
У.3. Учитывать влияние поверхностных явлений в химико-технологических процессах	ОТЗ	ПЗ
Приобретенные владения		
В.1. Численными методами решения задач химии поверхностных явлений	ОТЗ	ПЗ
В.2. Методами теоретического анализа поверхностных явлений и процессов	ОТЗ	ПЗ

С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Творческое задание - частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета (4 семестр) и итоговая аттестация в виде зачета (5 семестр), проводимые с учетом результатов текущего контроля.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

2.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) 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.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Незачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

• 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.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
Незачтено	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

2.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (4 семестр) по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично усвоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все

дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 6

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций
на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

3. 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, значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

4.1 Типовые творческие задания:

1. Обобщить информацию, имеющуюся в научной литературе, о различных способах соотнесения термодинамических характеристик поверхности в моделях Гиббса и Гуггенгейма. Выбрать один из способов для описания результатов изучения адсорбции на границе жидкость/твердое тело. Обосновать свой выбор.
2. В работах по изучению бинарной адсорбции на твердых телах используют два уравнения для вычисления полной адсорбции компонента i

$$a) q_i = \Gamma_i^{(v)} + \tau c_i$$

$$б) q_i = \Gamma_i^{(n)} + x_i^l q^\infty$$

Докажите, что два этих уравнения эквивалентны. Каким из этих уравнений удобнее пользоваться при изучении адсорбции статическим методом? Обоснуйте.

3. В работе Гуггенгейма и Адама (E.A. Guggenheim, N.K. Adam, Proc. R. Soc. Lond. A. 1933, vol. 139, p. 218) приводится выражение, связывающее величины избыточной адсорбции в системе с постоянным числом молей (n) и в системе с постоянным объёмом двухкомпонентной жидкой фазы (v):

$$\Gamma_i^{(n)} = \Gamma_i^{(v)} - x_i^l (\Gamma_1^{(v)} + \Gamma_2^{(v)})$$

Почему данное уравнение не считается в общем случае термодинамически корректным? Какие модификации данного уравнения предлагаются в научной литературе?

4. Обобщить информацию об адсорбции водно-органических смесей на активированных углях в научной литературе. Выявить общие закономерности и противоречия в данных разных авторов.

5. Провести анализ литературных данных о кинетике каталитического окисления хлорбензола на нанесённых оксиднованадиевых катализаторах. Выявить общие закономерности и противоречия в данных разных авторов. Предложить методику эксперимента по изучению влияния дисперсности нанесённого оксиднованадиевого катализатора на его активность в реакции окисления хлорорганических соединений, отличающуюся научной новизной.

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

1. Общие представления о границе раздела фаз. Поверхности раздела газ/жидкость, жидкость/жидкость, флюид/твёрдое тело.
2. Термодинамика границы раздела фаз. Метод избытков Гиббса,
3. Термодинамика границы раздела фаз. Метод слоя конечной толщины Гуггенгейма.
4. Искривлённая граница раздела фаз. Уравнение Лапласа.
5. Понятие о капиллярных явлениях. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Зависимость растворимости от кривизны поверхности растворяющихся частиц.
6. Капиллярная конденсация. Использование явления капиллярной конденсации в порометрии.
7. Адсорбция. Виды адсорбции.
8. Адсорбенты. Классификация адсорбентов по Киселеву. Классификация адсорбентов по размеру пор (Дубинина, ИЮПАК).
9. Особенности термодинамического описания локализованной и делокализованной адсорбции.
10. Изотерма адсорбции. Стехиометрический подход к выводу изотермы адсорбции.
11. Модель адсорбции Лэнгмюра. Уравнение Ленгмюра: кинетический и стехиометрический выводы.
12. Уравнение Брунауэра–Эмета–Теллера (БЭТ) для полимолекулярной адсорбции.
13. Адсорбция на гетерогенной поверхности.
14. Теория объёмного заполнения микропор. Уравнение Дубинина-Радушкевича.
15. Адсорбция из растворов.
16. Определение площади поверхности адсорбента.
17. Хроматография, различные её типы.
18. Основные понятия кинетики гетерогенных каталитических реакций.

19. Удельная и атомная активность. Селективность катализаторов.
20. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций.
21. Современные теории гетерогенного катализа.

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

1. Найдите в научной литературе данные по зависимости поверхностного натяжения водных растворов от концентрации n-алканолов с числом атомов углерода от 5 до 10. Предложите корреляционное уравнение, связывающее поверхностное натяжение при заданной концентрации с числом атомов углерода.
2. Найдите в периодической и справочной литературе данные для проверки правила Стефана ($\sigma = -\Delta H_{исп} / (N_A^{1/3} V_m^{2/3})$) в ряду линейных спиртов от метанола до гексанола. Предложите свою корреляцию, основанную на тех же физических характеристиках жидкостей.
3. В работе Лэнгмюра (I. Langmuir, J. Am. Chem. Soc. 1918, vol. 40, p. 1361) приводятся данные об адсорбции метана на слюде при 90 К. Используя не менее двух способов численной обработки экспериментальных данных, доказать или опровергнуть тезис о том, что адсорбция в этой системе подчиняется модели Лэнгмюра.
4. В работе Кэррота и др. (P.J.M. Carrott et al. Carbon, 2000, vol. 38, p. 465) приводятся в табличной форме изотермы адсорбции бензола на графитированной саже Sterling FT. Используя 3 различных численных техники, докажете на основании этих данных, что адсорбент Sterling FT – не пористый.

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



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

Направление
04.06.01 Химические науки
Программа
Неорганическая химия
Кафедра
Химия и биотехнология

Дисциплина
«Поверхностные явления»

БИЛЕТ № 1

1. Искривлённая граница раздела фаз. Уравнение Лапласа (*контроль знаний*).
2. На основании анализа научной литературы предложите адсорбент для адсорбционной очистки ароматических соединений от примесей гидроксилароматических соединений. Обоснуйте свой выбор. Укажите недостатки существующих адсорбентов. Перечислите преимущества предложенного вами материала (*контроль умений*).
3. При изучении адсорбции хлорбензола на оксиде алюминия в диапазоне температур 190 – 299°C были получены следующие значения логарифма давления пара адсорбата при постоянной величине адсорбции 2.1 мкмоль/г

$T, ^\circ\text{C}$	190	200	220	240	260	299
$\ln p$	-1.1138	-0.7503	-0.1183	0.4323	0.9286	1.7534

Докажите, используя численные методы, что в указанном диапазоне температур теплота адсорбции зависит от температуры. Рассчитайте величину изменения теплоёмкости при адсорбции (*контроль умений и владений*).

Составитель

_____ (подпись)

Аснин Л.Д.

Заведующий кафедрой

_____ (подпись)

Ходяшев Н.Б.

« _____ » _____ 2016 г.

Лист регистрации изменений

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