



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

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и инновациям

В.Н. Коротаев
» 2017 г.

**Рабочая программа дисциплины
«Неорганическая химия»**

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: 2,3	Семестр (ы): 4,5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен: 5	Зачёт: 4

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Неорганическая химия» 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 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 д-р хим. наук, проф.
программы (учёная степень, звание)



(подпись)

В.В. Вольхин
(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 неорганической химии.

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);

- способность планировать, разрабатывать, реализовывать и корректировать комплексные процессы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе (ПК-2);

- готовность вносить вклад собственными оригинальными исследованиями, заслуживающими публикации на национальном или международном уровне, в расширение границ научной области по тематике гетерогенных химических реакций в неорганических системах (ПК-3).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

- **формирование знаний**

- изучение основных законов, концепций и методов неорганической химии, её основных тенденций развития;

- **формирование умений**

- формирование умения использовать представление о взаимосвязи состава, строения и свойств неорганических соединений при синтезе веществ с заданными свойствами;

- **формирование навыков**

- формирование навыков выполнения теоретических и экспериментальных исследований в области неорганической химии.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- Периодический закон Д.И. Менделеева, строение атома, химическая связь и строение молекул;

- общие закономерности протекания химических реакций, растворы и электролиты, основные методы неорганического синтеза;

- химия элементов и их соединений;

- общие представления о физических методах исследования в неорганической химии;

- химические реакции в неорганических гетерогенных системах.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.01 «Неорганическая химия» является обязательной дисциплиной вариативной части цикла базового учебного плана.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 02.00.01 – Неорганическая химия и 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:

- основные представления о строении атомов и закономерности изменения их фундаментальных характеристик;

- периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений;
- типы, природу химической связи и основные представления о строении молекул;
- общие закономерности протекания химических реакций, специфику реакций в водных и неводных растворах;
- теорию электролитической диссоциации, коллигативные свойства растворов электролитов и неэлектролитов;
- основные методы, неорганического синтеза с участием веществ в твердофазном состоянии;
- особенности гетерогенных химических реакций, протекающих в гетерогенных системах с участием конденсированных фаз.

Уметь:

- применять представления о строении атомов и молекул, химическом составе и структуре неорганических соединений для прогноза их химических свойств;
- выявлять особенности свойств реальных кристаллов;
- планировать, разрабатывать, реализовывать и корректировать комплексные процессы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе?
- самостоятельно осваивать физические методы исследования с целью их использования при выполнении экспериментов по плану подготовки магистерской диссертации;
- анализировать влияние различных факторов на интенсивность протекания гетерогенных химических реакций в системах, компонентами которых являются неорганические вещества;
- регулировать физико-химические свойства неорганических веществ на основе учета зависимостей состав – структура – свойства.

Владеть:

- навыками анализа взаимосвязи между составом, строением и свойствами неорганических соединений, в том числе, наноструктурированных материалов;
- навыками планирования и проведения теоретических и экспериментальных исследований процессов синтеза и превращений неорганических соединений в твердофазном состоянии;
- навыками синтеза неорганических соединений в неравновесных условиях;
- навыками выбора условий получения неорганических материалов с заданными свойствами.

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.В.01	Формулировка дисциплинарной части компетенции способность демонстрировать системное понимание в области взаимосвязи между составом, структурой и свойствами неорганических соединений при синтезе веществ с заданными свойствами

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
----------------------	---------------------	-----------------

Знать: – основные представления о строении атома; – закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов; – периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений; – типы, природу химической связи и основные представления о строении молекул; состав, строение, изомерию комплексных соединений, природу связи в них и механизмы реакций с их участием.	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: – применять представления о строении атомов и молекул, химическом составе и структуре неорганических соединений для прогноза их химических свойств; – выявлять особенности свойств реальных кристаллов..	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
Владеть: – навыками анализа взаимосвязи между составом, строением и свойствами неорганических соединений, в том числе, наноструктурированных материалов.	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Творческое задание.</i>

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

Код ПК-2	Формулировка компетенции Способность планировать, разрабатывать, реализовывать и корректировать комплексные процессы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе
--------------------	---

Код ПК-2 Б1.В.01	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность планировать, разрабатывать, реализовывать и корректировать комплексные процессы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе с использованием гетерогенных химических реакций.
-------------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – общие закономерности протекания химических реакций; – современные представления о структуре воды и водных растворов и специфику реакций в водных и неводных растворах; – теорию электролитической диссоциации, коллигативные свойства растворов электролитов и неэлектролитов; – свойства химических элементов и их соединений, определяющие условия их синтеза и превращений;	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>

– основные методы неорганического синтеза с участием неорганических веществ в твердофазном состоянии.		
Уметь: – планировать, разрабатывать, реализовывать и корректировать комплексные процессы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе; – самостоятельно осваивать физические методы исследования с целью их использования при выполнении экспериментов по плану подготовки диссертации.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
Владеть: – навыками планирования и проведения теоретических и экспериментальных исследований процессов синтеза и превращений неорганических соединений в твердофазном состоянии.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Творческое задание.</i>

2.3 Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код ПК-3	Формулировка компетенции Готовность вносить вклад собственными оригинальными исследованиями, заслуживающими публикации на национальном или международном уровне, в расширение границ научной области по тематике гетерогенных химических реакций в неорганических системах
Код ПК-3 Б1.В.01	Формулировка дисциплинарной части компетенции Готовность выполнять оригинальные исследования в области неорганической химии по направлению гетерогенных химических реакций.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – особенности гетерогенных химических реакций, протекающих в гетерогенных системах с участием конденсированных фаз; – характер влияния химического состава, структуры и присутствия дефектов на реакционную способность твердых тел и их поверхности; – методики активации неорганических соединений, находящихся при взаимодействии в твердом состоянии.	<i>Лекция. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: – анализировать влияние различных факторов на интенсивность протекания гетерогенных химических реакций в системах, компонентами которых являются неорганические	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Творческое задание.</i>

вещества; –регулировать физико-химические свойства неорганических веществ на основе учета зависимостей состав – структура – свойства.		
Владеть: – навыками синтеза неорганических соединений в неравновесных условиях; – навыками выбора условий получения неорганических материалов с заданными свойствами.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Творческое задание.</i>

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы
Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		4 семестр	5 семестр
1	Аудиторная работа	12	
	В том числе:		
	Лекции (Л)	5	-
	Практические занятия (ПЗ)	-	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	1	-
	Самостоятельная работа (СР)	66	30
	Итоговая аттестация по дисциплине: Кандидатский экзамен	-	36
	Форма итогового контроля:	Зачет	Кандидатский экзамен

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (4,5 семестр)

Номер раз-дела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий					Итоговый контроль	Самостоятельная работа	Трудоёмкость, ч / ЗЕ
		аудиторная работа			КСР				
		всего	Л	ПЗ					
1	1	1	1	-	-		5	6/0,17	
	2	1	1	-	-		5	6/0,17	
	3	1	1	-	-		5	6/0,17	
	4	-	-	-	0,5		5	5,5/0,15	
Всего по разделу:		3	3	-	0,5		20	23,5/0,65	
2	5	0,5	0,5	-	-		9	9,5/0,26	
	6	0,5	0,5	-	-		9	9,5/0,26	
	7	0,5	0,5	-	-		9	9,5/0,26	
	8	0,5	0,5	-	0,5		9	10/0,29	
Всего по разделу:		2	2	-	0,5	-	36	38,5/1,07	
3	9	1	-	1	-		6	7/0,19	
	10	-	-	-	-		5	5/0,14	

	11	1	-	1	-		6	7/0,19
	12	1	-	1	-		6	7/0,19
Всего по разделу:		3	-	3	-		23	26/0,72
4	13	1,5	-	1,5	-		6	7,5/0,21
	14	-	-	-	-		5	5/0,14
	15	1,5	-	1,5	-		6	7,5/0,21
Всего по разделу:		3	-	3	-		17	20/0,56
Промежуточная аттестация		-	-	-	-	36	-	36/1
Итого:		11	5	6	1	36	96	144/4

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (4 семестр)

Раздел 1. Периодический закон Д.И. Менделеева

(Л – 3, СР – 20, КСР -0,5)

Тема 1. Периодический закон Д.И. Менделеева

Основные представления о строении атома. Волновая функция и уравнение Шредингера. Квантовые числа, радиальное и угловое распределение электронной плотности. Атомные орбитали (*s*-, *p*-, *d*- и *f*-АО), их энергии и граничные поверхности. Распределение электронов по АО. Принцип минимума энергии. Принцип Паули. Атомные термы, правило Хунда. Современная формулировка периодического закона, закон Мозли, структура периодической системы. Коротко - и длиннопериодный варианты периодической таблицы. Периоды и группы.

Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов: атомных и ионных радиусов, потенциала ионизации, энергии сродства к электрону и электроотрицательности.

Границы периодической системы. Перспективы открытия новых элементов.

Периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений — оксидов, гидроксидов, гидридов, галогенидов, сульфидов, карбидов, нитридов и боридов.

Тема 2. Химическая связь и строение молекул

Понятие о природе химической связи. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность. Основные типы химической связи.

Основные положения метода валентных связей (МВС). Гибридизация орбиталей. Направленность, насыщенность и поляризуемость ковалентной связи. Влияние неподеленных электронных пар на строение молекул, модель Гиллеспи.

Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы МО гомоядерных и гетероядерных двухатомных молекул. Энергия ионизации, магнитные и оптические свойства молекул. Многоцентровые МО, гипервалентные и электронодефицитные молекулы. Принцип изолюбального соответствия. Корреляционные диаграммы.

Ионная связь. Ионная модель строения кристаллов, образование ионных кристаллов как результат ненаправленности и ненасыщаемости ион-ионных взаимодействий. Ионный радиус. Основные типы кристаллических структур, константа Маделунга, энергия ионной решетки.

Межмолекулярное взаимодействие – ориентационное, индукционное и дисперсионное. Водородная связь, ее природа.

Тема 3. Строение конденсированных фаз.

Структурная классификация конденсированных фаз. Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Строение твердых растворов. Упорядоченные твердые растворы. Аморфные вещества. Колебания в кристаллах. Фононы. Жидкости. Мгновенная и колебательно усреднённая структура жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Флуктуации и корреляционные функции. Структура простых жидкостей. Растворы неэлектролитов. Структура воды и водных растворов. Структура жидких электролитов. Теория электролитической диссоциации. Современные взгляды на природу кислот и оснований. Производные растворимости. Электрохимические и коллигативные свойства растворов.

Тема 4. Введение в зонную теорию

Образование зон – валентной и проводимости из атомных и молекулярных орбиталей, запрещенная зона. Металлы, полупроводники и диэлектрики. Различные типы проводимости. Границы применимости зонной теории.

Раздел 2. Химия элементов

(Л – 2, СР – 36, КСР – 0,5)

Тема 5. Химия s-элементов.

Положение s-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления.

Водород. Особое положение водорода в Периодической системе. Изотопы водорода. Орто - и пара-водород. Методы получения водорода. Физико-химические свойства водорода. Гидриды и их классификация. Окислительно-восстановительные свойства водорода. Вода – строение молекулы и структура жидкого состояния. Структура льда, клатраты. Пероксид водорода, его получение, строение и окислительно-восстановительные свойства.

Элементы группы IA. Общая характеристика группы. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Нерастворимые соли. Особенности химии лития. Применение щелочных металлов и их соединений.

Элементы группы IIA. Общая характеристика группы. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Особенности комплексообразования s-металлов. Особенности химии бериллия, магния и радия. Сходство химии бериллия и лития. Применение бериллия, щелочно-земельных металлов и их соединений.

Тема 6. Химия p-элементов .

Положение p-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Металлы, неметаллы, металлоиды среди p-элементов. Закономерности в изменении свойств во 2 и 3 периодах.

Элементы группы IIIA. Общая характеристика группы. Особенности химии бора. Бороводороды, комплексные гидробораты, кластерные соединения бора, боразол, нитрид бора: особенности их строения и свойств.

Оксид алюминия. Алюминаты и гидроксоалюминаты. Галогениды алюминия. Комплексные соединения алюминия. Сплавы алюминия. Алюмотермия. Амфотерность оксидов галлия, индия и таллия. Особенности химии Tl(I). Применение бора, алюминия, галлия, индия и таллия и их соединений.

Элементы группы IVA. Общая характеристика группы. Особенности химии аллотропных модификаций углерода. Фуллерены и их производные. Нанотрубки. Карбиды металлов. Синильная кислота, цианиды, дициан. Роданостоводородная кислота и роданиды. Сероуглерод. Фреоны и их применение. Оксиды углерода. Карбонилы. Карбонаты.

Оксиды кремния, германия, олова и свинца. Кварц и его полиморфные модификации. Кремниевая кислота и силикаты. Галогениды. Кремнефтористоводородная кислота. Карбид кремния. Комплексные соединения олова и свинца. Применение простых веществ и соединений элементов группы IVA. Понятие о полупроводниках. Свинцовый аккумулятор.

Элементы группы VA. Общая характеристика группы. Закономерности образования и прочность простых и кратных связей в группе. Особенности химии азота. Проблема связывания молекулярного азота. Особенности аллотропных модификаций фосфора.

Гидриды элементов группы VA: получение, строение молекул, свойства. Соли аммония. Жидкий аммиак как растворитель. Гидразин, гидроксилламин, азотистоводородная кислота. Галогениды элементов группы VA, получение и гидролиз.

Кислородные соединения азота. Особенности химии NO и NO₂. Азотная, азотистая кислоты и их соли: получение, свойства и окислительно-восстановительная способность. Диаграмма Фроста для соединений азота.

Кислородные соединения фосфора: оксиды, кислоты и их соли. Сравнение свойств кислот фосфора в разных степенях окисления. Конденсированные фосфорные кислоты и полифосфаты. Оксиды мышьяка, сурьмы и висмута, кислородсодержащие кислоты мышьяка и сурьмы и их соли. Сравнение силы кислот в группе. Сульфиды и тиосоли.

Применение простых веществ и соединений элементов VA группы. Удобрения.

Элементы группы VIA. Общая характеристика группы. Особенности химии кислорода. Строение молекулы кислорода, объяснение ее парамагнетизма. Озон и озониды. Аллотропные модификации серы и их строение.

Классификация оксидов. Простые и сложные оксиды, нестехиометрия оксидов. Гидроксиды и кислоты. Пероксиды, супероксиды.

Сероводород и сульфиды. Полисульфиды. Сульфаны. Оксиды серы, кислоты и их соли. Политионовые кислоты и политионаты. Кислородные соединения селена и теллура. Сравнение силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот в группе.

Галогениды серы, селена и теллура.

Применение простых веществ и соединений элементов VIA группы.

Элементы группы VIIA. Общая характеристика группы. Особенности химии фтора и астата. Окислительные свойства галогенов. Взаимодействие галогенов с водой.

Галогеноводороды. Получение, свойства. Закономерность изменения свойств галогеноводородных кислот в группе. Классификация галогенидов. Межгалогенные соединения: строение и свойства.

Кислородные соединения галогенов. Особенности оксидов хлора. Кислородсодержащие кислоты галогенов и их соли. Сопоставление силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот галогенов, диаграмма Фроста для галогенов.

Применение галогенов и их соединений.

Элементы группы VIIIA. Общая характеристика группы. Соединения благородных газов и природа химической связи в них. Гидраты благородных газов. Фториды и кислородные соединения благородных газов. Применение благородных газов.

Тема 7. Химия *d*-элементов.

Положение *d*-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Способность *d*-элементов к комплексообразованию. Закономерности изменения свойств *d*-металлов в 4, 5 и 6 периодах. Природа *d*-сжатия и ее следствия.

Элементы группы IIIB. Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и фториды металлов IIIB группы – получение и свойства. Комплексные соединения. Сопоставление химии элементов IIIA и IIIB групп. Применение металлов и их соединений.

Элементы группы IVB. Общая характеристика группы. Оксиды и гидроксиды титана и циркония. Титанаты и цирконаты. Соли титанила и цирконила. Галогениды. Способность к комплексообразованию. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Влияние лантаноидного сжатия на свойства гафния. Сопоставление металлов IVA и IVB групп. Применение титана и циркония и их соединений.

Элементы группы VB. Общая характеристика группы. Оксиды и галогениды. Ванадаты, ниобаты и танталаты. Способность к комплексообразованию и образованию кластеров.

Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Диаграмма Фроста для соединений ванадия. Сопоставление свойств соединений ванадия(V) и фосфора (V). Применение ванадия, ниобия и тантала и их соединений.

Элементы группы VIB. Общая характеристика группы. Оксиды, галогениды и сульфиды. Сравнение свойств хромовой, молибденовой и вольфрамовой кислот и их солей. Особенности комплексообразования. Кластеры. Бронзы. Поликислоты и их соли. Пероксиды. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома, закономерности в стабильности различных степеней окисления. Сопоставление химии элементов VIA и VIB групп. Применение хрома, молибдена и вольфрама и их соединений.

Элементы группы VIIB. Общая характеристика группы. Кислородные соединения марганца, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, диаграмма Фроста для соединений марганца. Стабильность соединений марганца в различных степенях окисления. Особенности химии технеция и рения. Рениевая кислота и перренаты. Сопоставление химии элементов VIIA и VIIB групп. Применение марганца и рения.

Элементы группы VIIIБ. Общая характеристика группы. Обоснование разделения элементов на семейства железа и платиновые металлы.

Семейство железа: получение и физико-химические свойства железа, кобальта и никеля. Оксиды и гидроксиды, галогениды и сульфиды. Соединения железа, кобальта и никеля в высших степенях окисления. Комплексные соединения, особенности комплексов с *d6*-конфигурацией центрального атома. Коррозия железа и борьба с ней. Применение железа, кобальта и никеля.

Платиновые металлы: основные классы комплексных соединений платиновых металлов. Оксиды и галогениды платиновых соединений. Применение платиновых металлов.

Элементы группы IB. Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и галогениды. Изменение в устойчивости степеней окисления элементов в группе. Комплексные соединения. Сопоставление элементов IA и IB групп. Применение меди, серебра и золота.

Элементы группы IIB. Общая характеристика группы. Особенности подгруппы цинка в качестве промежуточной между переходными и непереходными металлами. Оксиды, гидроксиды, галогениды и сульфиды. Амальгамы. Особенности соединений ртути в степени окисления +1. Способность к комплексообразованию и основные типы комплексов цинка, кадмия и ртути. Сопоставление элементов IIA и IIB групп. Применение цинка, кадмия и ртути.

Тема 8. Химия *f*-элементов

Общая характеристика *f*-элементов. Особенности строения электронных оболочек атомов. Лантанидное и актиноидное сжатие. Сходство и различие лантаноидов и актиноидов. Внутренняя периодичность в семействах лантаноидов и актиноидов.

Семейство лантаноидов. Методы получения, разделения и физико-химические свойства металлов. Степени окисления элементов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Комплексные соединения лантаноидов. Особенности химии церия и европия. Сопоставление *d*- и *f*-элементов III групп. Применение лантаноидов.

Семейство актиноидов. Обоснование актиноидной теории. Методы получения и физико-химические свойства актиноидов. Особенности разделения актиноидов. Степени окисления актиноидов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений актиноидов – получение и свойства. Комплексные соединения актиноидов. Особенности химии тория и урана. Сопоставление актиноидов с *d*-элементами 6-го периода. Применение актиноидов и их соединений. Перспективы синтеза трансактиноидов.

Раздел 3. Химическая кинетика и катализ.

(ПЗ – 3, СР – 23)

Тема 9. Основные понятия и задачи химической термодинамики.

Основные понятия и задачи химической термодинамики как науки о превращениях энергии при протекании химических реакций. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и ее изменение при химических и фазовых превращениях. Энтальпия. Стандартное состояние и стандартные теплоты химических реакций. Теплота и энтальпия образования. Закон Гесса. Энергии химических связей. Теплоемкость, уравнение Кирхгофа.

Тема 10. Обратимые и необратимые процессы.

Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее физический смысл, уравнение Больцмана. Стандартная энтропия. Зависимость энтропии от параметров состояния. Энергия Гиббса. Направление химических процессов, критерии самопроизвольного протекания реакций в изолированных и открытых системах. Химический потенциал. Условие химического равновесия, константа равновесия. Изотерма химической реакции. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы одно- и двухкомпонентных систем.

Тема 11. Скорость химических реакций и катализ.

Скорость химической реакции, ее зависимости от природы и концентрации реагентов, температуры. Порядок реакции. Константы скорости и ее зависимость от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и понятие об активированном комплексе. Обратимые реакции. Закон действующих масс. Влияние катализатора на скорость реакции. Гомогенный и гетерогенный катализ. Понятие о цепных и колебательных реакциях.

Тема 12. Комплексные соединения и свойственные им реакции.

Основные понятия координационной теории. Типы комплексных соединений по классификации лигандов, заряду координационной сферы, числу центральных атомов. Номенклатура комплексных соединений. Изомерия комплексных соединений.

Образование координационных соединений в рамках ионной модели и представлений Льюиса. Теория мягких и жестких кислот и оснований Пирсона, уравнение Драго—Вейланда. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие. Константы устойчивости комплексов. Лабильность и инертность. Энтропийный вклад в энергетическую устойчивость комплексов, сольватный эффект, хелатный эффект, правила циклов Л. А. Чугаева.

Природа химической связи в комплексных соединениях. Основные положения теории кристаллического поля (ТКП). Расщепление *d*-орбиталей в октаэдрическом и тетраэдрическом поле. Энергия расщепления, энергия спаривания и энергия стабилизации кристаллическим полем. Спектрохимический ряд лигандов. Понятие о теории Яна—Теллера, тетрагональное искажение октаэдрических комплексов.

Энергетическая диаграмма МО комплексных соединений. Построение групповых орбиталей и их взаимодействие с орбиталями центрального атома, δ - и π -донорные и акцепторные лиганды. Использование ТКП и ММО для объяснения оптических и магнитных свойств комплексных соединений. Диаграммы Танабэ—Сугано для многоэлектронных систем.

Карбонилы, металлокарбены, металлоцены, фуллериды. Комплексы с макроциклическими лигандами. Полиядерные комплексы. Изо- и гетерополисоединения. Кластеры на основе переходных и непереходных элементов. Кратные связи металл—металл, понятие о δ -связи.

Механизмы реакций комплексных соединений. Реакции замещения, отщепления и присоединения лиганда, окислительно-восстановительные реакции. Взаимное влияние лигандов в координационной сфере. *Транс*-влияние И. И. Черняева, *цис*-эффект А. А. Гринберга. Внутрисферные реакции лигандов.

Применение комплексных соединений в химической технологии, катализе, медицине и экологии.

Раздел 4. Основные методы неорганического синтеза и гетерогенные химические реакции.

(ПЗ – 2, СР – 17)

Тема 13. Основные методы неорганического синтеза.

Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. Метод химического осаждения из газовой фазы, использования надкритического состояния. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез. Твердофазный синтез и его особенности; использование механохимической активации. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ. Фотохимические и электрохимические методы синтеза. Применение вакуума и высоких давлений в синтезе. Основные методы разделения и очистки веществ. Методы выращивания монокристаллов и их классификация.

Тема 14. Гетерогенные химические реакции в неорганических системах.

Особые условия протекания гетерогенных химических реакций – в гетерогенных системах, включающих конденсированные фазы. Лимитирующая роль диффузионной кинетики при установлении скорости гетерогенной реакции. Вероятный нестационарный характер протекания гетерогенных химических реакций. Влияние дефектов на процессы диффузии в кристаллах. Роль природы поверхности твердых фаз при прохождении гетерогенных реакций в системах жидкость – твердое тело. Пути интенсификации гетерогенных химических реакций. Методы синтеза и превращений неорганических веществ на основе гетерогенных химических реакций.

Тема 15. Общие представления о физических методах исследования в неорганической химии.

Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография.

Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области. Колебательная спектроскопия – ИК - и комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЭПР, ЯМР, ЯКР и γ -резонансные. EXAFS-спектроскопия. Спектроскопия циркулярного дихроизма.

Исследования электропроводности и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов. Импеданс-спектроскопия.

Оптическая и электронная микроскопия. Локальный рентгено-спектральный анализ.

Термогравиметрия и масс-спектрометрия.

Исследование поверхности методами рентгено - и фотоэлектронной спектроскопии, оже-спектроскопии и т. п.

4.3. Перечень тем лекций

Таблица 3

Темы лекций				
№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лекций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Симметрия молекул и кристаллов	Собеседование.	Вопросы по теме дисциплины.
2	2	Межмолекулярные взаимодействия	Собеседование.	Вопросы по теме дисциплины.
3	3	Структура воды и водных растворов	Собеседование.	Вопросы по теме дисциплины.
4	4	Реальные кристаллы: влияние	Собеседование.	Вопросы по теме

		дефектов на их свойства		дисциплины.
5	5-8	Общий обзор по химии элементов	Собеседование.	Вопросы по теме дисциплины.

4.4. Перечень тем лабораторный работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.5. Перечень тем практических занятий

Таблица 4

Темы практических занятий				
№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	9	Анализ возможностей применения цикла Борна – Габера для вычисления энтальпии решетки кристаллов	Собеседование. Творческое задание	Вопросы по теме дисциплины. Темы творческих заданий.
2	11	Выбор методов определения констант скорости, порядка и энергии активации химических реакций	Собеседование. Творческое задание	Вопросы по теме дисциплины. Темы творческих заданий.
3	12	Особенности равновесия и кинетики образования координационных соединений	Собеседование. Творческое задание	Вопросы по теме дисциплины. Темы творческих заданий.
4	13	Анализ основных проблем синтеза твердофазных материалов	Собеседование. Творческое задание	Вопросы по теме дисциплины. Темы творческих заданий.
5	15	Развитие представлений о физических методах исследования в неорганической химии на примере электронной микроскопии (взаимодействие электронов с образцом, методы визуализации, конструктивные особенности).	Собеседование. Творческое задание	Вопросы по теме дисциплины. Темы творческих заданий.

4.6. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.7. Содержание самостоятельной работы аспирантов

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

Таблица 5

Темы самостоятельных заданий				
№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Периодический закон Д.И. Менделеева, современные представления.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

		<p>Основные представления о строении атома. Волновая функция и уравнение Шредингера. Квантовые числа, радиальное и угловое распределение электронной плотности. Атомные орбитали (<i>s</i>-, <i>p</i>-, <i>d</i>- и <i>f</i>-АО), их энергии и граничные поверхности. Распределение электронов по АО. Принцип минимума энергии. Принцип Паули. Атомные термы, правило Хунда. Современная формулировка периодического закона, закон Мозли, структура периодической системы. Коротко - и длиннопериодный варианты периодической таблицы. Периоды и группы.</p> <p>Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов: атомных и ионных радиусов, потенциала ионизации, энергии сродства к электрону и электроотрицательности.</p> <p>Границы периодической системы. Перспективы открытия новых элементов.</p> <p>Периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений — оксидов, гидроксидов, гидридов, галогенидов, сульфидов, карбидов, нитридов и боридов.</p>		НЫ
2	2	<p>Химическая связь и строение молекул.</p> <p>Понятие о природе химической связи. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность. Основные типы химической связи.</p> <p>Основные положения метода валентных связей (МВС). Гибридизация орбиталей. Направленность, насыщенность и поляризуемость ковалентной связи. Влияние неподеленных электронных пар на строение молекул, модель Гиллеспи.</p> <p>Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы МО гомоядерных и гетероядерных двухатомных молекул.</p>	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		<p>Энергия ионизации, магнитные и оптические свойства молекул. Многоцентровые МО, гипервалентные и электронодефицитные молекулы. Принцип изолобального соответствия. Корреляционные диаграммы. Ионная связь. Ионная модель строения кристаллов, образование ионных кристаллов как результат ненправленности и ненасыщаемости ион-ионных взаимодействий. Ионный радиус. Основные типы кристаллических структур, константа Маделунга, энергия ионной решетки.</p> <p>Межмолекулярное взаимодействие – ориентационное, индукционное и дисперсионное. Водородная связь, ее природа.</p>		
3	3	<p>Строение конденсированных фаз. Структурная классификация конденсированных фаз. Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Строение твердых растворов. Упорядоченные твердые растворы. Аморфные вещества. Металлы и полупроводники. Зонная структура энергетического спектра кристаллов. Различные типы проводимости. Колебания в кристаллах. Фононы. Жидкости. Мгновенная и колебательно усреднённая структура жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Флуктуации и корреляционные функции. Структура простых жидкостей. Растворы неэлектролитов. Структура воды и водных растворов. Структура жидких электролитов Теория электролитической диссоциации. Современные взгляды на природу кислот и оснований. Произведение растворимости. Электрохимические и коллигативные свойства растворов.</p>	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	<p>Введение в зонную теорию. Образование зон – валентной и проводимости из атомных и молекулярных орбиталей, запрещенная зона. Металлы, полупроводники и диэлектрики. Различные типы произ-</p>		

		водимости. Границы применимости зонной теории.		
5	5	<p>Химия s-элементов. Положение s-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Водород. Особое положение <u>водорода</u> в Периодической системе. Изотопы водорода. Орто - и пара-водород. Методы получения водорода. Физико-химические свойства водорода. Гидриды и их классификация. Окислительно-восстановительные свойства водорода. Вода – строение молекулы и структура жидкого состояния. Структура льда, клатраты. Пероксид водорода, его получение, строение и окислительно-восстановительные свойства. <i>Элементы группы IA.</i> Общая характеристика группы. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Нерастворимые соли. Особенности химии лития. Применение щелочных металлов и их соединений. <i>Элементы группы IIА.</i> Общая характеристика группы. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Особенности комплексообразования s-металлов. Особенности химии бериллия, магния и радия. Сходство химии бериллия и лития. Применение бериллия, щелочно-земельных металлов и их соединений.</p>	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	6	<p>Химия p-элементов . Положение p-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Металлы, неметаллы, металлоиды среди p-элементов. Закономерности в изменении свойств во 2 и 3 периодах. <i>Элементы группы IIIА.</i> Общая характеристика группы. Особенности химии бора. Бороводороды, комплексные гидробораты, кластерные соединения бора, боразол, нитрид бора: особенности их строения и</p>	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		<p>свойств.</p> <p>Оксид <u>алюминия</u>. Алюминаты и гидроксоалюминаты. Галогениды алюминия. Комплексные соединения алюминия. Сплавы алюминия. Алюмотермия. Амфотерность оксидов галлия, индия и таллия. Особенности химии Тl(I). Применение бора, алюминия, галлия, индия и таллия и их соединений.</p> <p><i>Элементы группы IVA.</i> Общая характеристика группы. Особенности химии аллотропных модификаций углерода. Фуллерены и их производные. Нанотрубки. Карбиды металлов. Синильная кислота, цианиды, дициан. Роданостоводородная кислота и роданиды. Сероуглерод. Фреоны и их применение. Оксиды углерода. Карбонилы. Карбонаты. Оксиды кремния, германия, олова и свинца. Кварц и его полиморфные модификации. Кремниевая кислота и силикаты. Галогениды. Кремнефтористоводородная кислота. Карбид кремния. Комплексные соединения олова и свинца. Применение простых веществ и соединений элементов группы IVA. Понятие о полупроводниках. Свинцовый аккумулятор.</p> <p><i>Элементы группы VA.</i> Общая характеристика группы. Закономерности образования и прочность простых и кратных связей в группе. Особенности химии <u>азота</u>. Проблема связывания молекулярного азота. Особенности аллотропных модификаций фосфора.</p> <p>Гидриды элементов группы VA: получение, строение молекул, свойства. Соли <u>аммония</u>. Жидкий <u>аммиак</u> как растворитель. Гидразин, гидроксилламин, азотистоводородная кислота. Галогениды элементов группы VA, получение и гидролиз.</p> <p>Кислородные соединения азота. Особенности химии NO и NO₂. Азотная, азотистая кислоты и их соли: получение, свойства и окислительно-восстановительная способ-</p>		
--	--	---	--	--

		<p>ность. Диаграмма Фроста для соединений азота.</p> <p>Кислородные соединения фосфора: оксиды, кислоты и их соли. Сравнение свойств кислот фосфора в разных степенях окисления. Конденсированные фосфорные кислоты и полифосфаты. Оксиды мышьяка, сурьмы и висмута, кислородсодержащие кислоты мышьяка и сурьмы и их соли. Сравнение силы кислот в группе. Сульфиды и тиосоли.</p> <p>Применение простых веществ и соединений элементов VA группы. Удобрения.</p> <p><i>Элементы группы VIA.</i> Общая характеристика группы. Особенности химии кислорода. Строение молекулы кислорода, объяснение ее парамагнетизма. Озон и озониды. Аллотропные модификации серы и их строение.</p> <p>Классификация оксидов. Простые и сложные оксиды, нестехиометрия оксидов. Гидроксиды и кислоты. Пероксиды, супероксиды.</p> <p>Сероводород и сульфиды. Полисульфиды. Сульфаны. Оксиды серы, кислоты и их соли. Политионовые кислоты и политионаты. Кислородные соединения селена и теллура. Сравнение силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот в группе.</p> <p>Галогениды серы, селена и теллура. Применение простых веществ и соединений элементов VIA группы.</p> <p><i>Элементы группы VIIA.</i> Общая характеристика группы. Особенности химии фтора и астата. Окислительные свойства галогенов. Взаимодействие галогенов с водой.</p> <p>Галогеноводороды. Получение, свойства. Закономерность изменения свойств галогеноводородных кислот в группе. Классификация галогенидов. Межгалогенные соединения: строение и свойства.</p> <p>Кислородные соединения галогенов. Особенности оксидов хлора. Кислородсодержащие кислоты галогенов</p>		
--	--	--	--	--

		<p>и их соли. Сопоставление силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислот галогенов, диаграмма Фроста для галогенов.</p> <p>Применение галогенов и их соединений.</p> <p><i>Элементы группы VIIA.</i> Общая характеристика группы. Соединения благородных газов и природа химической связи в них. Гидраты благородных газов. Фториды и кислородные соединения благородных газов. Применение благородных газов.</p>		
7	7	<p>Химия <i>d</i>-элементов.</p> <p>Положение <i>d</i>-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Способность <i>d</i>-элементов к комплексообразованию. Закономерности изменения свойств <i>d</i>-металлов в 4, 5 и 6 периодах. Природа <i>d</i>-сжатия и ее следствия.</p> <p><i>Элементы группы IIIB.</i> Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и фториды металлов IIIB группы – получение и свойства. Комплексные соединения. Сопоставление химии элементов IIIA и IIIB групп. Применение металлов и их соединений.</p> <p><i>Элементы группы IVB.</i> Общая характеристика группы. Оксиды и гидроксиды титана и циркония. Титанаты и цирконаты. Соли титанила и цирконила. Галогениды. Способность к комплексообразованию. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Влияние лантаноидного сжатия на свойства гафния. Сопоставление металлов IVA и IVB групп. Применение титана и циркония и их соединений.</p> <p><i>Элементы группы VB.</i> Общая характеристика группы. Оксиды и галогениды. Ванадаты, ниобаты и танталаты. Способность к комплексообразованию и образованию кластеров. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Диаграмма Фроста для соединений ванадия. Сопоставление свойств со-</p>	Творческое задание	Темы творческих заданий

		<p>единений ванадия(V) и фосфора (V). Применение ванадия, ниобия и тантала и их соединений.</p> <p><i>Элементы группы VIB.</i> Общая характеристика группы. Оксиды, галогениды и сульфиды. Сравнение свойств хромовой, молибденовой и вольфрамовой кислот и их солей. Особенности комплексообразования. Кластеры. Бронзы. Поликислоты и их соли. Пероксиды. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома, закономерности в стабильности различных степеней окисления. Сопоставление химии элементов VIA и VIB групп. Применение хрома, молибдена и вольфрама и их соединений.</p> <p><i>Элементы группы VIIБ.</i> Общая характеристика группы. Кислородные соединения марганца, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, диаграмма Фроста для соединений марганца. Стабильность соединений марганца в различных степенях окисления. Особенности химии технеция и рения. Рениевая кислота и перренаты. Сопоставление химии элементов VIIA и VIIБ групп. Применение марганца и рения.</p> <p><i>Элементы группы VIIIБ.</i> Общая характеристика группы. Обоснование разделения элементов на семейства железа и платиновые металлы.</p> <p>Семейство железа: получение и физико-химические свойства железа, кобальта и никеля. Оксиды и гидроксиды, галогениды и сульфиды Соединения железа, кобальта и никеля в высших степенях окисления. Комплексные соединения, особенности комплексов с <i>db</i>-конфигурацией центрального атома. Коррозия железа и борьба с ней. Применение железа, кобальта и никеля.</p> <p>Платиновые металлы: основные классы комплексных соединений платиновых металлов. Оксиды и галогениды платиновых соединений. Применение платиновых металлов.</p> <p><i>Элементы группы IB.</i> Общая харак-</p>		
--	--	---	--	--

		<p>теристика группы. Оксиды, гидроксиды и галогениды. Изменение в устойчивости степеней окисления элементов в группе. Комплексные соединения. Сопоставление элементов IA и IB групп. Применение меди, серебра и золота.</p> <p><i>Элементы группы IIБ.</i> Общая характеристика группы. Особенности подгруппы цинка в качестве промежуточной между переходными и непереходными металлами. Оксиды, гидроксиды, галогениды и сульфиды. Амальгамы. Особенности соединений ртути в степени окисления +1. Способность к комплексообразованию и основные типы комплексов цинка, кадмия и ртути. Сопоставление элементов IIА и IIБ групп. Применение цинка, кадмия и ртути.</p>		
8	8	<p>Химия <i>f</i>-элементов</p> <p>Общая характеристика <i>f</i>-элементов. Особенности строения электронных оболочек атомов. Лантанидное и актиноидное сжатие. Сходство и различие лантаноидов и актиноидов. Внутренняя периодичность в семействах лантаноидов и актиноидов.</p> <p><i>Семейство лантаноидов.</i> Методы получения, разделения и физико-химические свойства металлов. Степени окисления элементов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Комплексные соединения лантаноидов. Особенности химии церия и европия. Сопоставление <i>d</i>- и <i>f</i>-элементов III группы. Применение лантаноидов.</p> <p><i>Семейство актиноидов.</i> Обоснование актиноидной теории. Методы получения и физико-химические свойства актиноидов. Особенности разделения актиноидов. Степени окисления актиноидов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений актиноидов – получение и свойства. Комплексные соединения актиноидов. Особенности химии тория и урана. Сопоставление актиноидов</p>	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		с <i>d</i> -элементами 6-го периода. Применение актиноидов и их соединений. Перспективы синтеза трансактиноидов.		
9	9	Основные понятия и задачи химической термодинамики. Основные понятия и задачи химической термодинамики как науки о превращениях энергии при протекании химических реакций. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и ее изменение при химических и фазовых превращениях. Энтальпия. Стандартное состояние и стандартные теплоты химических реакций. Теплота и энтальпия образования. Закон Гесса. Энергии химических связей. Теплоемкость, уравнение Кирхгофа.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
10	10	Обратимые и необратимые процессы. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее физический смысл, уравнение Больцмана. Стандартная энтропия. Зависимость энтропии от параметров состояния. Энергия Гиббса. Направление химических процессов, критерии самопроизвольного протекания реакций в изолированных и открытых системах. Химический потенциал. Условие химического равновесия, константа равновесия. Изотерма химической реакции. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы одно- и двухкомпонентных систем.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
11	11	Скорость химических реакций и катализ. Скорость химической реакции, ее зависимости от природы и концентрации реагентов, температуры. Порядок реакции. Константы скорости и ее зависимость от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и понятие об активированном комплексе. Обратимые реакции. Закон действующих масс. Влияние катализатора на скорость	Творческое задание	Темы творческих заданий

		реакции. Гомогенный и гетерогенный катализ. Понятие о цепных и колебательных реакциях.		
12	12	<p>Комплексные соединения и свойства им реакции.</p> <p>Основные понятия координационной теории. Типы комплексных соединений по классификации лигандов, заряду координационной сферы, числу центральных атомов. Номенклатура комплексных соединений. Изомерия комплексных соединений.</p> <p>Образование координационных соединений в рамках ионной модели и представлений Льюиса. Теория мягких и жестких кислот и оснований Пирсона, уравнение Драго—Вейланда. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие. Константы устойчивости комплексов. Лабильность и инертность. Энтропийный вклад в энергетическую устойчивость комплексов, сольватный эффект, хелатный эффект, правила циклов Л. А. Чугаева.</p> <p>Природа химической связи в комплексных соединениях. Основные положения теории кристаллического поля (ТКП). Расщепление <i>d</i>-орбиталей в октаэдрическом и тетраэдрическом поле. Энергия расщепления, энергия спаривания и энергия стабилизации кристаллическим полем. Спектрохимический ряд лигандов. Понятие о теории Яна—Теллера, тетрагональное искажение октаэдрических комплексов.</p> <p>Энергетическая диаграмма МО комплексных соединений. Построение групповых орбиталей и их взаимодействие с орбиталями центрального атома, σ- и π-донорные и акцепторные лиганды. Использование ТКП и ММО для объяснения оптических и магнитных свойств комплексных соединений. Диаграммы Танабэ—Сугано для многоэлектронных систем.</p> <p>Карбонилы, металлокарбены, металлоцены, фуллериды. Комплексы</p>	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		<p>с макроциклическими лигандами. Полиядерные комплексы. Изо - и гетерополисоединения. Кластеры на основе переходных и непереходных элементов. Кратные связи металл—металл, понятие о δ-связи.</p> <p>Механизмы реакций комплексных соединений. Реакции замещения, отщепления и присоединения лиганда, окислительно-восстановительные реакции. Взаимное влияние лигандов в координационной сфере. <i>Транс</i>-влияние И. И. Черняева, <i>цис</i>-эффект А. А. Гринберга. Внутрисферные реакции лигандов.</p> <p>Применение комплексных соединений в химической технологии, катализе, медицине и экологии.</p>		
13	13	<p>Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. Метод химического осаждения из газовой фазы, использования надкритического состояния. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез. Твердофазный синтез и его особенности; использование механохимической активации. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ. Фотохимические и электрохимические методы синтеза. Применение вакуума и высоких давлений в синтезе. Основные методы разделения и очистки веществ. Методы выращивания монокристаллов и их классификация.</p>	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
14	14	<p>Гетерогенные химические реакции в неорганических системах.</p> <p>Особые условия протекания гетерогенных химических реакций – в гетерогенных системах, включающих конденсированные фазы. Лимитирующая роль диффузионной кинетики при установлении скорости гетерогенной реакции. Вероятный нестационарный характер протекания гетерогенных химических реакций. Влияние дефектов на процессы диффузии в кристаллах. Роль при-</p>	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		<p>роды поверхности твердых фаз при прохождении гетерогенных реакций в системах жидкость – твердое тело. Пути интенсификации гетерогенных химических реакций. Методы синтеза и превращений неорганических веществ на основе гетерогенных химических реакций.</p>		
15	15	<p>Общие представления о физических методах исследования в неорганической химии. Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография. Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области. Колебательная спектроскопия – ИК - и комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЭПР, ЯМР, ЯКР и γ-резонансные. EXAFS-спектроскопия. Спектроскопия циркулярного дихроизма. Исследования <u>электропроводности</u> и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов. Импеданс-спектроскопия. Оптическая и электронная микроскопия. Локальный рентгено-спектральный анализ. Термогравиметрия и масс-спектрометрия. Исследование поверхности методами рентгено - и фотоэлектронной спектроскопии, оже-спектроскопии и т. п.</p>	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Неорганическая химия» 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 «Неорганическая химия» 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 style="text-align: center;">Б1.В.01 «Неорганическая химия»</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; text-align: center;">x</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></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): 4,5</p>	<p>Количество аспирантов: <u>2</u></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 (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	Саргаев, П.М. Неорганическая химия: учебное пособие. — СПб. : Лань, 2013. — 383 с.	+ ЭБС «Лань»
2	Шрайвер, Дувард. Неорганическая химия : учебное издание : в 2 т. : пер. с англ. / Д. Шрайвер, П. Эткинс .— Москва : Мир, 2013 .— (Лучший зарубежный учебник) .— ISBN 978-5-03-003709-7.Т. 1.— 2013 .— 679 с.	1
3	Шрайвер, Дувард. Неорганическая химия : учебное издание : в 2 т. : пер. с англ. / Д. Шрайвер, П. Эткинс .— Москва : Мир, 2013 .— (Лучший зарубежный учебник) .— ISBN 978-5-03-003709-7.Т. 2.— 2013 .— 486 с.	1
4	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 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Кнотько А.В. Химия твердого тела: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/А.В. Кнотько, А.И. Пресняков, Ю.Д. Третьяков. – М: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.	9
2	Мелихов И.В./Физико-химическая эволюция твердого вещества/И.В. Мелихов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 309 с.	2
3	Келсалл Р. Научные основы нанотехнологий и новые приборы /Р. Келсалл, А. Хэмли, М. Геогеган (ред.). - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 528 с.	8
4	Shriver D.F. Inorganic Chemistry : Socond edition // D.F.Shriver, P.W. Atkins, C.H. Langford. – Oxford; Oxford university press, 1994. – 833 p.	На кафедре
2.2 Периодические издания		
1	Журнал неорганической 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 _____

(дата контроля литературы)

Основная литература обеспечена не обеспечена

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. Национальная 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, 2016. – Режим доступа: <http://link.springer.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

¹ собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

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	Пер. 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
«Неорганическая химия»**

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: 2,3	Семестр (ы): 4,5

Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч

Виды контроля с указанием семестра:

Экзамен: - 5 Зачёт: 4

Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Неорганическая химия» 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 02.00.04 - 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 д-р хим. наук, проф.
программы (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.В.01 «Неорганическая химия» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

- способность демонстрировать системное понимание в области взаимосвязи между составом, структурой и свойствами неорганических соединений, включая их реакционную способность (ПК-1);
- способность планировать, разрабатывать, реализовывать и корректировать комплексные процессы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе (ПК-2);
- готовность вносить вклад собственными оригинальными исследованиями, заслуживающими публикации на национальном или международном уровне, в расширение границ научной области по тематике гетерогенных химических реакций в неорганических системах (ПК-3).

1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров. В 4 семестре предусмотрены аудиторские лекционные занятия и самостоятельная работа аспирантов, в 5 семестре - 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		5 семестр	
	Текущий	Зачёт	Текущий	Зачёт
Усвоенные знания				
3.1 знать основные представления о строении атомов и закономерности изменения их функциональных характеристик	С	ТВ		
3.2. знать периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений;	С	ТВ		
3.3 знать типы, природу химической связи и основные представления о строении молекул;	С	ТВ		
3.4. знать общие закономерности протекания химических реакций, специфику реакций в водных и неводных растворах;			С	ТВ
3.5. знать теорию электролитической диссоциации, коллигативные свойства растворов электролитов и неэлектролитов;	С	ТВ		
3.6. знать основные методы			С	ТВ

неорганического синтеза с участием веществ в твердофазном состоянии;				
3.7. знать особенности гетерогенных химических реакций, протекающих в гетерогенных системах с участием конденсированных фаз.			С	ТВ
Освоенные умения				
У.1. уметь применять представления о строении атомов и молекул, химическом составе и структуре неорганических соединений для прогноза их химических свойств	ОТЗ	ПЗ		
У.2. уметь выявлять особенности свойств реальных кристаллов; уметь планировать, разрабатывать, реализовывать и корректировать комплексные процессы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе;			ОТЗ	ПЗ
У.3. уметь самостоятельно осваивать физические методы исследования с целью их использования при выполнении экспериментов по плану подготовки магистерской диссертации;			ОТЗ	ПЗ
У.4. уметь анализировать влияние различных факторов на интенсивность протекания гетерогенных химических реакций в системах, компонентами которых являются неорганические вещества;			ОТЗ	ПЗ
У.5. уметь регулировать физико-химические свойства неорганических веществ на основе учета зависимостей состав – структура – свойства.			ОТЗ	ПЗ
Приобретенные владения				
В.1. владеть навыками анализа взаимосвязи между составом, строением и свойствами неорганических соединений, в том числе, наноструктурированных материалов;	ОТЗ	ПЗ		
В.2. владеть навыками планирования и проведения теоретических и экспериментальных исследований процессов синтеза и превращений неорганических соединений в твердофазном состоянии;			ОТЗ	ПЗ
В.3. владеть навыками синтеза неорганических соединений в неравновесных условиях;			ОТЗ	ПЗ
В.4. владеть навыками выбора условий получения неорганических материалов с заданными свойствами			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 кандидатского экзамена (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	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
---------	--

освоения	
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) и кандидатского экзамена (5 семестр) по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос (ТВ) для проверки знаний и практические задания (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билеты формируются таким образом, чтобы в них попали по два теоретических вопроса и одному практическому заданию, контролирующим уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Шкалы оценивания результатов обучения при зачете и кандидатском экзамене:

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 во время зачета и 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время кандидатского экзамена.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета и кандидатского экзамена 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.

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на кандидатском экзамене

Оценка	Критерии оценивания
5	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные и систематические знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.</p> <p>Аспирант правильно выполнил контрольное задание билета. Показал успешное и систематическое применение полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.</p>
4	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал недостаточно уверенные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с небольшими неточностями. Показал в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>
3	<p>Аспирант продемонстрировал неполные знания при ответе на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал неуверенные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с существенными неточностями. Показал в целом успешное, но не систематическое применение полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>
2	<p>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.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета и кандидатского экзамена 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».

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня	Критерии оценивания компетенции
------------------------	---------------------------------

сформированности дисциплинарных частей компетенций	
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

Таблица 7

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на кандидатском экзамене

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
5	Аспирант получил по дисциплине оценку «отлично»
4	Аспирант получил по дисциплине оценку «хорошо»
3	Аспирант получил по дисциплине оценку «удовлетворительно»
2	Аспирант получил по дисциплине оценку «неудовлетворительно»

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. На основе анализа данных из научных периодических источников определите насколько корректно можно вычислить энтальпию растворения ионных соединений с

использованием справочных значений энтальпий образования ионных соединений и энтальпий сольватации составляющих их ионов. Какие ограничения существуют для таких расчетов? Чем можно объяснить эффект повышенной растворимости ионных соединений, включающих в свой состав катионы и анионы разных размеров? В каком случае можно ожидать наименьшей растворимости?

2. На основе анализа данных из научных периодических источников обобщите информацию о кинетических моделях твердофазных реакций с различными лимитирующими стадиями. Особо проанализируйте специфику кинетики твердофазных реакций, осложненных образованием твердого раствора. Покажите возможную альтернативу понятию порядка гомогенной реакции при переходе к твердофазным процессам. Какую микроскопическую информацию полезно использовать при интерпретации экспериментальных данных по кинетике твердофазных реакций?

3. На основе анализа данных из научных периодических источников обобщите информацию по составу и структуре предпочтительного локального координационного окружения ионов *d*-элементов в твердом теле. Как можно использовать для прогноза состава и структуры шпинелей значения энергии стабилизации катионов в тетраэдрическом и октаэдрическом поле? Покажите связь энергии стабилизации с электронным строением катионов. Возможно ли распространение этих представлений на другие структурные типы?

4. На основе анализа данных из научных периодических источников обобщите информацию о факторах, осложняющих гидролиз солей при осаждении гидроксидов металлов из водных растворов. Используя справочные данные вычислите растворимость $Zn(OH)_2$ при разных значениях pH среды. На основе анализа полученной зависимости сформулируйте рекомендации по условиям наиболее полного осаждения гидроксида цинка из раствора. Распространите этот подход на осаждение гидроксидов других металлов.

5. На основе анализа данных из научных периодических источников обобщите информацию о методиках использования ИК-спектроскопии (на основе преобразования Фурье) для исследования превращений в неорганических твердых телах. Проанализируйте возможности получения спектров пропускания и отражения. Покажите, какие типы колебаний связей можно идентифицировать. Приведите примеры ИК-спектров неорганических соединений и обоснованно изложите те выводы, которые удалось сделать на основе их анализа.

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

1. Основные предложения о строении атома.
2. Современная формулировка периодического закона, структура Периодической системы и ее границы.
3. Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов.
4. Периодичность в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений.
5. Понятие о природе химической связи и ее основные характеристики.
6. Основные положения метода валентных связей (МВС).
7. Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО).
8. Ионная связь и ионная модель строения кристаллов.
9. Межмолекулярные взаимодействия. Водородная связь, ее природа.
10. Химия *s*-элементов. Положение *s*-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации, степени окисления.
11. Водород, его изотопы, получение, основные соединения, и их свойства.
12. Элементы группы IA и IIA, их соединения, применение.

13. Химия *p*-элементов. Положение *p*-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации, степени окисления, закономерности в изменении свойств во 2 и 3 периодах.
14. Элементы группы IIIA. Общая характеристика группы. Особенности химии бора и алюминия. Применение.
15. Элементы группы IVA. Общая характеристика группы. Особенности аллотропных модификаций углерода. Неорганические соединения углерода, кремния, олова и свинца. Применение.
16. Элементы группы VA. Общая характеристика группы. Особенности химии азота. Простые и кратные связи. Аллотропные модификации фосфора.
17. Кислородные соединения фосфора. Конденсированные фосфорные кислоты и полифосфаты. Основные соединения мышьяка, сурьмы и висмута. Применение.
18. Элементы группы VIA. Общая характеристика группы. Молекулярный кислород, озон и озониды.
19. Оксиды, простые и сложные, нестехиометрия. Гидроксиды и кислоты. Пероксиды, супероксиды. Основные соединения серы, селена и теллура.
20. Элементы группы VIIA. Общая характеристика группы. Особенности химии фтора и астата. Окислительные свойства галогенов.
21. Галогеноводороды, получение, закономерности изменения свойств. Кислородные соединения галогенов. Окислительно-восстановительные свойства. Диаграмма Фроста для галогенов. Применение.
22. Элементы группы IIIA. Общая характеристика группы. Соединения благородных газов и природа химической связи в них. Применение.
23. Химия *d*-элементов. Положения *d*-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Закономерности изменения свойств *d*-металлов в периодах. Природа *d*-сжатия и ее следствия.
24. Элементы группы IIIB. Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и фториды. Комплексные соединения. Применение.
25. Элементы группы IVB. Общая характеристика группы. Оксиды и гидроксиды титана и циркония. Соли. Галогениды. Способность к комплексообразованию. Влияние лантаноидного сжатия на свойства гафния. Применение.
26. Элементы группы VB. Общая характеристика группы. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Комплексообразование. Основные соединения. Применение.
27. Элементы группы VIB. Общая характеристика группы. Оксиды, кислоты, галогениды, сульфиды. Особенности комплексообразования. Кластеры. Применение.
28. Элементы группы VIIB. Общая характеристика группы. Кислородные соединения марганца, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства. Особенности химии технеция и рения. Применение.
29. Элементы группы VIII Б. Общая характеристика группы. Семейство железа и платиновые металлы. Получение и свойства железа, кобальта и никеля. Основные соединения. Комплексообразование. Коррозия железа и борьба с ней. Применение.
30. Платиновые металлы: основные классы комплексных соединений. Оксиды и галогениды. Применение.
31. Элементы группы IБ. Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и галогениды. Комплексные соединения. Применение меди, серебра и золота.
32. Элементы группы IIБ. Общая характеристика группы. Особенности подгрупп у цинка и ртути. Комплексообразование. Применение.
33. Химия *f*-элементов. Общая характеристика *f*-элементов. Лантаноидное и актиноидное сжатие. Сходство и различие лантаноидов и актиноидов, химия лантаноидов и актиноидов.

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

1. Найдите в доступной научной и справочной литературе показатели растворимости MgNH_4PO_4 . Представьте термодинамически обоснованное выражение произведения растворимости заданного соединения. При обосновании учтите состояние ионов Mg^{2+} , NH_4^+ и PO_4^{3-} в водном растворе, которое представьте в форме зависимости коэффициентов активности каждого из ионов от $[\text{H}^+]$ среды. Значения констант равновесия соответствующих реакций примите по справочным данным.

2. Найдите в доступной научной и справочной литературе данные о влиянии пересыщения в растворе на зародышеобразование при осаждении ионных соединений. Рассмотрите роль пересыщения при осаждении с теоретических позиций. Покажите методику расчета отношения пересыщения S . Представьте схематически изотерму растворимости ионного соединения и проанализируйте ее с выделением лабильной и метастабильной зон и ненасыщенного состояния. Покажите возможности регулирования физико-химических свойств выделенных из раствора веществ за счет изменения условий их кристаллизации.

3. Представьте в форме уравнений в общем виде зависимости растворимости малорастворимых соединений от проявления комплексообразования в водных растворах. Предусмотрите возможность образования многоядерных форм комплексных ионов. Используя справочные данные вычислите общую растворимость осадка $\text{Zn}(\text{OH})_2$ при $\text{pH} = 9,5$ и зависимости каждой из форм цинка в растворе от pH среды.

4. При гидролитическом выделении некоторых металлов образуются осадки основных солей. Представьте обоснование того факта, что важную роль при образовании основных солей играет pH среды. Рассмотрите равновесие с раствором осадка типа $x\text{MeA}_{\text{r/n}} \cdot y\text{Me}(\text{OH})_2$. проанализируйте зависимость равновесного pH от концентрации катиона и аниона. Сформулируйте условия, при соблюдении которых можно получить наиболее чистые гидроксиды (с минимальным содержанием посторонних анионов).

5. Покажите, для каких целей и в каких вариантах применяют дифракцию рентгеновских лучей (ДРЛ) при исследованиях в неорганической химии. Охарактеризуйте возможности порошкового дифрактометра при исследовании кристаллических структур. На конкретном примере продемонстрируйте обработку порошковой дифрактограммы. Сформулируйте выводы по результатам исследования конкретного объекта. Покажите, какие возможны ошибки при подготовке образцов, съемке и обработке дифрактограмм интерпретации результатов исследования и дайте обоснованные рекомендации по их недопущению.

4.4 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на кандидатском экзамене по дисциплине:

Перечень контрольных вопросов для сдачи кандидатского экзамена по специальности 02.00.01 «Неорганическая химия» разработан на основе утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации Программы экзамена кандидатского минимума и с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры. В программу экзамена дополнительно включены вопросы по разделам «Гетерогенные химические реакции в неорганических системах» изучение которых, предусмотрено рабочей программой дисциплины «Гетерогенные реакции в неорганических системах».

Перечень вопросов для оценивания знаний на кандидатском экзамене.

1. Основные предложения о строении атома.
2. Современная формулировка периодического закона, структура Периодической системы и ее границы.
3. Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов.

4. Периодичность в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений.
5. Понятие о природе химической связи и ее основные характеристики.
6. Основные положения метода валентных связей (МВС).
7. Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО).
8. Ионная связь и ионная модель строения кристаллов.
9. Межмолекулярные взаимодействия. Водородная связь, ее природа.
10. Структурная классификация конденсированных фаз. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура.
11. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Твердые растворы.
12. Жидкости. Мгновенная и колебательно устраненная структура жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Структура воды и водных растворов.
13. Основные представления о зонной теории. Металлы, полупроводники и диэлектрики.
14. Химия *s*-элементов. Положение *s*-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации, степени окисления.
15. Водород, его изотопы, получение, основные соединения, и их свойства.
16. Элементы группы IA и IIA, их соединения, применение.
17. Химия *p*-элементов. Положение *p*-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации, степени окисления, закономерности в изменении свойств во 2 и 3 периодах.
18. Элементы группы IIIA. Общая характеристика группы. Особенности химии бора и алюминия. Применение.
19. Элементы группы IVA. Общая характеристика группы. Особенности аллотропных модификаций углерода. Неорганические соединения углерода, кремния, олова и свинца. Применение.
20. Элементы группы VA. Общая характеристика группы. Особенности химии азота. Простые и кратные связи. Аллотропные модификации фосфора.
21. Кислородные соединения фосфора. Конденсированные фосфорные кислоты и полифосфаты. Основные соединения мышьяка, сурьмы и висмута. Применение.
22. Элементы группы VIA. Общая характеристика группы. Молекулярный кислород, озон и озониды.
23. Оксиды, простые и сложные, нестехиометрия. Гидроксиды и кислоты. Пероксиды, супероксиды. Основные соединения серы, селена и теллура.
24. Элементы группы VIIA. Общая характеристика группы. Особенности химии фтора и астата. Окислительные свойства галогенов.
25. Галогеноводороды, получение, закономерности изменения свойств. Кислородные соединения галогенов. Окислительно-восстановительные свойства. Диаграмма. Фроста для галогенов. Применение.
26. Элементы группы IIIA. Общая характеристика группы. Соединения благородных газов и природа химической связи в них. Применение.
27. Химия *d*-элементов. Положения *d*-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Закономерности изменения свойств *d*-металлов в периодах. Природа *d*-сжатия и ее следствия.
28. Элементы группы IIIB. Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и фториды. Комплексные соединения. Применение.
29. Элементы группы IVB. Общая характеристика группы. Оксиды и гидроксиды титана и циркония. Соли. Галогениды. Способность к комплексообразованию. Влияние лантаноидного сжатия на свойства гафния. Применение.
30. Элементы группы VB. Общая характеристика группы. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Комплексообразование. Основные соединения. Применение.

31. Элементы группы VIБ. Общая характеристика группы. Оксиды, кислоты, галогениды, сульфиды. Особенности комплексообразования. Кластеры. Применение.
32. Элементы группы VIIБ. Общая характеристика группы. Кислородные соединения марганца, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства. Особенности химии технеция и рения. Применение.
33. Элементы группы VIII Б. Общая характеристика группы. Семейство железа и платиновые металлы. Получение и свойства железа, кобальта и никеля. Основные соединения. Комплексообразование. Коррозия железа и борьба с ней. Применение.
34. Платиновые металлы: основные классы комплексных соединений. Оксиды и галогениды. Применение.
35. Элементы группы IB. Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и галогениды. Комплексные соединения. Применение меди, серебра и золота.
36. Элементы группы IIB. Общая характеристика группы. Особенности подгрупп цинка и ртути. Комплексообразование. Применение.
37. Химия *f*-элементов. Общая характеристика *f*-элементов. Лантаноидное и актиноидное сжатие. Сходство и различие лантаноидов и актиноидов, химия лантаноидов и актиноидов.
38. Основные понятия и задачи химической термодинамики как науки о превращениях энергии при протекании химических реакций. Первый закон термодинамики. Энтальпия, теплота, теплоемкость. Покажите практическое значение первого закона термодинамики для неорганической химии.
39. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия. Энергия Гиббса. Условия химического равновесия, константа равновесия. Определите термодинамические условия необратимости химических реакций.
40. Фазовые равновесия, число степени свободы, правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы. Какую информации можно получить на основе фазовой диаграммы?
41. Скорость химической реакции, ее зависимость от природы и концентрации реагентов, температуры. Константа скорости. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Обратимые реакции. Закон действующих масс. На конкретных примерах поясните применение закона действующих масс.
42. Влияние катализатора на скорость реакции. Гомогенный и гетерогенный катализ. Понятие о цепных и колебательных реакциях. Проанализируйте сходство и различие гомогенного и гетерогенного катализаторов.
43. Комплексные (координационные) соединения. Основные понятия координационной теории. Номенклатура. Изомерия. Обобщите информацию о влиянии комплексообразования на процессы в неорганической химии.
44. Устойчивость комплексов в растворах. Константы устойчивости. Лабильность и инертность. Хелатный эффект. Объясните природу хелатного эффекта.
45. Природа химической связи в комплексных соединениях (КС). Основные положения теории кристаллического поля (ТКП). Расщепление *d*-орбиталей и энергия стабилизации кристаллическим полем. Эффект Яна-Теллера. Покажите, для каких электронных структур ионов комплексообразователей свойственен этот эффект.
46. Химическая связь в комплексных соединениях с позиций метода молекулярных орбиталей (ММО). Использование ТКП и ММО для объяснения оптических и магнитных свойств в КС. Объясните, в каких случаях целесообразно прибегать к той или иной модели химической связи.
47. Механизмы реакций комплексных соединений. Реакции замещения, отщепления и присоединения лиганда, окислительно-восстановительные реакции. Выделите те типы реакций, которые наиболее характерны для комплексных соединений. Применение комплексных соединений.
48. Основы и методы неорганического синтеза. Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах, во

флюидах в надкритическом состоянии. Обоснуйте, какой из этих методов наиболее приемлем для синтеза – кристаллогидратов.

49. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ. Объясните, как можно практически реализовать методику золь-гель синтеза.

50. Фотохимические и электрохимические методы синтеза. Применение вакуума и высоких давлений в синтезе. Основные методы разделения и очистки веществ. Покажите, какие новые возможности дает осуществление процессов в сверхкритических условиях.

51. Общие представления о физических методах исследования в неорганической химии. Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография. Поясните, какие виды информации можно получить с помощью дифракции рентгеновских лучей.

52. Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области. Колебательная спектроскопия – ИК и комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЭПР, ЯМР и γ -резонансные. Объясните, каковы преимущества методов ИК-спектроскопии: пропускания и отражения.

53. Оптическая и электронная микроскопия. Локальный рентгеноспектральный анализ. Объясните, как можно совместить рентгеноспектральный анализ и электронную микроскопию.

54. Термогравиметрия и масс-спектрометрия. Как можно совместить эти два метода?

55. Методы исследования поверхности твердых тел. Пористости, капиллярных сред. Какие возможности для создания новых функциональных материалов дают пористые вещества?

56. Особые условия протекания гетерогенных химических реакций. Лимитирующая роль диффузионной кинетики при установлении скорости гетерогенных реакций.

57. Вероятность нестационарного характера протекания гетерогенных реакций. Что приводит к нестационарным условиям процесса? Объясните механизм влияния дефектов на процессы диффузии в кристаллах.

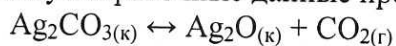
58. Гетерогенные химические реакции в объеме твердых тел и на их поверхности. Метастабильные состояния твердофазных неорганических веществ. Обоснуйте возможность интенсификации процессов за счет использования промежуточных продуктов в метастабильных состояниях.

59. Гетерогенные химические реакции в системах жидкость - твердое тело. Предложите пути интенсификации гетерогенных химических реакций.

60. Методы синтеза и превращения неорганических веществ на основе гетерогенных химических реакций. Покажите на конкретных примерах, как можно решить задачу повышения интенсивности диффузионной стадии процесса.

4.5. Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на кандидатском экзамене по дисциплине:

1. Проанализируйте возможность вычисления стандартной энтальпии разложения твердофазных неорганических соединений, если известны значения констант равновесия реакции разложения при разных температурах. Выберите уравнение для расчета, используя справочные данные проведите вычисление $\Delta H^\circ_{\text{разл.}}$ для реакции



2. Получены экспериментальные данные по скорости обратимой химической реакции $A \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} B$

Данные приведены в таблице

[A], моль/дм ³	0,045	0,04	0,03	0,02	0,01
Скорость $\times 10^4$, моль/ (дм ³ ·мин)	8,97	7,94	5,88	3,82	1,76

Необходимо вычислить значения k_1 и k_{-1} .

Обоснуйте выбор подхода к вычислению констант k_1 и k_{-1} , выберите необходимые для вычисления уравнения. Проведите вычисления. Сделайте прогноз: какой результат по прохождению реакции можно ожидать при полученном соотношении констант k_1 и k_{-1} ?

3. Комплексообразование нередко мешает осаждению малорастворимых неорганических соединений из растворов. Предположите методику количественного расчета, с использованием справочных данных, позволяющую однозначно ответить на вопрос о полноте осаждения из раствора ионов металлов в присутствии компонента, выступающего в качестве лиганда. Конкретно подтвердите, будет ли осаждаться $\text{Cd}_2\text{C}_2\text{O}_4$ из раствора следующего состава: 0,0020 М $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, 0,010 М $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и 0,1 М NH_3 ?

4. Используя закономерности гелевой кинетики представьте уравнения для описания процесса диффузии в зерне ионообменного материала. Как связана степень превращения при ионном обмене с коэффициентом диффузии? Обоснуйте методику расчета коэффициента диффузии обменных ионов в зерне. Предложите пути повышения скорости ионного обмена, если этот процесс лимитируется внутренней диффузией.

5. Покажите, каким образом можно оценить возможности оптической микроскопии в отношении увеличения изображения и разрешающей способности. Какие факторы влияют на разрешающую способность оптических микроскопов? Какие явления порождают отклонения от идеальных показателей? Какие методики позволяют повысить эффективность использования оптических микроскопов?

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

Приложение 1
Пример типовой формы экзаменационного билета



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

Направление
04.06.01 Химические науки
Программа
Гетерогенные реакции
Кафедра
Химия и биотехнология

Дисциплина
«Неорганическая химия»

БИЛЕТ № 1

1. Химия d -элементов. Положение d -элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Закономерности изменения свойств d -металлов в периодах. Природа d -сжатия и ее следствия (*контроль знаний*).

2. Основы и методы неорганического синтеза. Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовых фазах, водных и неводных растворах, расплавах, во флюидах в надкритическом состоянии. Обоснуйте, какой из этих методов наиболее приемлем для синтеза кристаллогидратов (*контроль знаний и умений*).

3. . Получены экспериментальные данные по скорости обратимой химической реакции $A \overset{k_1}{\rightleftharpoons} B$

Данные приведены в таблице

[A], моль/дм ³	0,045	0,04	0,03	0,02	0,01
Скорость $\times 10^4$, моль/ (дм ³ ·мин)	8,97	7,94	5,88	3,82	1,76

Необходимо вычислить значения k_1 и k_{-1} .

Обоснуйте выбор подхода к вычислению констант k_1 и k_{-1} , выберите необходимые для вычисления уравнения. Проведите вычисления. Сделайте прогноз: какой результат по прохождению реакции можно ожидать при полученном соотношении констант k_1 и k_{-1} ? (*контроль умений и владений*).

Составитель

_____ (подпись)

Вольхин В.В.

Заведующий кафедрой

_____ (подпись)

Ходяшев Н.Б.

« _____ » 2017 г.

Лист регистрации изменений

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