

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

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры



В.З. Пойлов

д.т.н., профессор кафедры ХТ

«11» «мая» 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры**

**«Технология неорганических веществ»**

<b>Научная специальность</b>	2.6.7. Технология неорганических веществ
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Технология неорганических веществ
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Химические технологии
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 3</b>	<b>Семестр (ы): 5</b>
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Экзамен: 5	Зачет: Диф.зачет

Пермь 2022

## 1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Технология неорганических веществ» разработана на основании следующих нормативных документов:

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

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области технологии неорганических веществ.

**1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Технология неорганических веществ» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.6.7 - Технология неорганических веществ.

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

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

- теоретические основы, технологию и пути совершенствования наиболее распространенных химических и физико-химических процессов неорганического синтеза и синтеза нановеществ;
- структуру и способы разработки основных групп производств неорганических веществ и производств неорганических нанопродуктов;
- особенности, методы и принципы, используемые в основных группах производств.

### **Уметь:**

- анализировать и разрабатывать перспективные технологические процессы и технологии неорганических продуктов и нанопродуктов;
- составлять доклад по результатам информационно-аналитического поиска в области перспективных технологий неорганических веществ (в т.ч. нанотехнологий).

### **Владеть:**

- опытом планирования экспериментальных исследований технологических процессов и использования их результатов для обоснования оптимальных технологических параметров;

- опытом выступления перед аудиторией с докладом о результатах информационно-аналитического поиска в области перспективных технологий неорганических веществ (в т.ч. нанотехнологий).

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	20
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	9
	Самостоятельная работа (СР)	88
	Форма итогового контроля:	Экзамен

### 4. Содержание учебной дисциплины

#### 4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

##### Раздел 1. Технология неорганических веществ, в т.ч. нанотехнология (Л –5 , ПЗ-6, СР – 88)

##### Тема 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Термодинамический анализ обратимых и необратимых процессов технологии неорганических веществ. Химическое равновесие в сложных системах. Термодинамика газожидкостных превращений в неорганической технологии. Термодинамика растворов. Термодинамика твердофазных взаимодействий. Гетерогенные фазовые равновесия в многокомпонентных системах. Равновесие гетерогенных систем. Правило фаз. Кинетика и катализ в технологии неорганических веществ.

##### Тема 2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ И ПОЛУПРОДУКТОВ В ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Каталитические процессы. Термохимические процессы. Электротермические процессы. Обогащение химического сырья. Растворение твердых веществ. Выпаривание водных растворов кислот и солей. Кристаллизация. Гранулирование. Высокоинтенсивные процессы.

##### Тема 3. ТЕХНОЛОГИЯ ВАЖНЕЙШИХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Сырье для производства важнейших неорганических веществ. Технология промышленных газов. Технология связанного азота. Технология серной и других неорганических кислот. Технология минеральных удобрений и солей .

Технология щелочей и глинозема. Технология карбида кальция и абразивных материалов. Рекуперация отходов в технологии неорганических веществ и принципы создания малоотходных производств.

##### Тема 4. НАНОТЕХНОЛОГИЯ

Наноматериалы, их особенности и свойства, применение на практике. Развитие нанохимии на современном этапе. Фуллерены, нанотрубки, фрактальные кластеры, ионные и молекулярные кластеры.

Методы и приборы для изучения нанодисперсных продуктов.

Физико-химические основы получения и технологии нанодисперсных веществ и наноматериалов с заданными свойствами методом осаждения из раствора, из органоминеральных сред.

Физико-химические закономерности золь-гель технологии, технологии получения нано- и микродисперсных веществ термогидролизом, чистых ультрадисперсных веществ, пленок, алмазов и алмазоидов.

#### 4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Основы термодинамического анализа в технологии неорганических веществ.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	2	Решение задач по теме «Кинетика реакций и процессов с участием неорганических реагентов»	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	3	Современное технологическое оборудование. Принципы работы, классификация, методы расчета.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	4	Физико-химические методы получения наночастиц. Синтез наноматериалов.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

#### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

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

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Физико-химические методы исследования неорганических веществ и материалов. Характеристика основных физико-химических методов, их возможности и ограничения; основные принципы, положенные в основу физико-химических методов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Изучить основные методы и процессы переработки сырья, новые технологические подходы в заданной предметной области	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	3	Новые технологии аммиака, метанола, серной кислоты	Творческое задание, доклад	Темы творческих заданий
4	3	Новые технологии в	Творческое	Темы творческих

		производства минеральных удобрений и солей	задание, доклад	заданий
5	4	Принципы и перспективы развития нанотехнологии. Неорганические функциональные наноматериалы. Нанокompозиты и их синергические свойства. Основные принципы формирования наносистем.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	3,4	Формулирование научной новизны и практической значимости	Творческое задание	Темы творческих заданий
7	3,4	Обработка экспериментальных данных	Творческое задание	Темы творческих заданий

### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Технология неорганических веществ» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

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

#### 6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; место нахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Современный катализ и химическая кинетика: учебное пособие для вузов: пер. с англ. /И.Чоркендорф, Х.Наймантсведрайт. – 2-е ид. – Долгопрудный: Иентеллект, 2013. – 501 с.	8
2	Островский С.В. Научно-технические химические технологии. Пермь: Из-во ПГТУ, 2008.- 103 с. Учебное пособие.	38 +ЭБ
3	Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2009, - 416 с.	5
4	Островский С. В., Черепанова М. В. Основные новые разработки в технологии аммиака : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2018. 62 с. 4,0 усл. печ. л.	3 + ЭБ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; место нахождения электронных изданий
1	2	3
5	Островский С. В., Черепанова М. В., Старостин А. Г. Новые технологические решения в технологии серы и серной кислоты : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2020. 92 с. 5,875 усл. печ. л.	2 + ЭБ
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	Илюшин, В. А. Наноматериалы : учебное пособие / В. А. Илюшин. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 114 с. — ISBN 978-5-7782-3858-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт].	URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/98719.html">https://www.iprbookshop.ru/98719.html</a>
2	Раков, Э. Г. Неорганические наноматериалы : учебное пособие / Э. Г. Раков. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 480 с. — ISBN 978-5-00101-741-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/135513">https://e.lanbook.com/book/135513</a>
3	Рогов В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии : учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Юрайт, 2016. 190 с. 12,13 усл. печ. л.	3
4	Кирчанов В. С. Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2016. 240 с. 15,0 усл. печ. л.	15
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Кинетика и катализ : журнал / Российская академия наук. Отделение химии и наук о материалах. - Москва: Наука, 1960 - .	
2	Химическая промышленность : научно-технический журнал / Теза; Прикладная химия. - Санкт-Петербург: Теза, Прикладная химия, 1924	
3	Химическая промышленность сегодня	
4	Журнал прикладной химии	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.	Техэксперт
2	ГОСТ 4568-95. Калий хлористый. Технические условия.	Техэксперт
3	ГОСТ 21560.0-82. УДОБРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫЕ. Методы отбора и подготовки проб.	Техэксперт
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Конституция Российской Федерации	КонсультантПлюс
2	Трудовой кодекс Российской Федерации	КонсультантПлюс
3	Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»	КонсультантПлюс

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. 1. Информационная система *Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс]* : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

2. **Консультант Плюс** [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный.

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

#### 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть): Монитор: АОС 185LM00013 Мышь: OKLICK 105M Клавиатура: OKLICK 100M BLACK PS/2 Системный блок: Процессор – Intel Pentium CPU G2030 3.00GHz Материнская плата – ASUS P8B75-V	10	Оперативное управление	305
2	Вытяжные шкафы	4	Оперативное управление	301
3	Весы ГОМЕР ВЛТЭ 150	1	Оперативное управление	301
4	Дистиллятор ДЭ-20 784	1	Оперативное управление	301
5	Печь СУОЛ ТРМ 10	1	Оперативное управление	301
6	Термостат жидкостный TERMEX VT-14	1	Оперативное управление	301
7	Виброгрохот ЭКРОС 6800	1	Оперативное управление	301
8	Трубчатая печь Omron E5CN	2	Оперативное управление	301

## **8. Фонд оценочных средств**

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

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

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

#### **Текущий контроль**

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

##### **• Собеседование**

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

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

##### **• Защита отчета о творческом задании**

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

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

#### **Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

##### **• Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче экзамена:**

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

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

## Шкала оценивания результатов освоения на экзамене

Оценка	Критерии оценивания
5	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные и систематические знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал отличные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.</p> <p>Аспирант правильно выполнил контрольное задание билета. Показал успешное и систематическое <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> 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 <b>знания</b> 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 <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> 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 <b>знания</b> 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 <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> 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 <b>знания</b> 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 <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

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

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

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

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

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности 2.6.7 - Технология неорганических веществ разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Разработать вариант новой технологии получения бесхлорных калийных удобрений.
2. Разработать новый катализатор для окисления оксида углерода.
3. Разработать вариант новой технологии регенерации высокотемпературного солевого теплоносителя.

Типовые контрольные задания:

1. Моделирование процесса кристаллизации с использованием диаграмм растворимости.
2. Физико-химические основы технологии получения бесхлорных калийных удобрений.
3. Математическое планирование эксперимента.
4. Проработать инновации в технологии комплексных удобрений.
5. . Выполнить технологические расчеты оборудования, используемого в технологии комплексных удобрений.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ХТ».

**Программа**  
Технология неорганических веществ

**Кафедра**  
Химические технологии

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

**Дисциплина**  
«Технология неорганических веществ»

**БИЛЕТ № 1**

1. Физико-химические основы технологии получения бесхлорных калийных удобрений.
2. Провести патентно-информационные исследования по технологии комплексных удобрений.
3. Выполнить технологические расчеты оборудования, используемого в технологии комплексных удобрений.

Заведующий кафедрой ХТ \_\_\_\_\_  
(подпись)

В.Г. Рябов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ г.

**Лист регистрации изменений**

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