

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»

Научная специальность	2.6.7. Технология неорганических веществ
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Технология неорганических веществ
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Химические технологии
Форма обучения	Очная
Курс: 3	Семестр (ы): 5
Виды контроля с указанием семестра:	
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 нахождения электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
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
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
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: https://www.iprbookshop.ru/98719.html
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: https://e.lanbook.com/book/135513
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
2.2 Периодические издания		
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	
2.3 Нормативно-технические издания		
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
2.4 Официальные издания		
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 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>

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

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