



Государственный научный центр Российской Федерации
Акционерное общество
"Государственный Орден Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений"
ГНИИХТЭОС



УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора – Научный руководитель
академик РАН

П.А. Стороженко

« 25 » августа 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология неорганических веществ»

Шифр и наименование группы научных специальностей

2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия

Шифр и наименование научной специальности

2.6.7. Технология неорганических веществ

Москва 2022 г.

1. Общие положения

1.1. Рабочая программа дисциплины «Технология неорганических веществ» разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951; паспортом научной специальности 2.6.7. Химическая технология.

1.2. Изучение дисциплины «Технология неорганических веществ» охватывает широкий круг вопросов по теоретическим и прикладным основам неорганической технологии. В процессе освоения дисциплины аспирант должен показать знания современного состояния и перспектив развития существующей отрасли науки и производства, показать теоретические и практические знания, уметь дать общую и детальную характеристику производства различных неорганических продуктов, уметь связывать проблемы технологического плана с решением социально-экономических задач.

1.3. Целью дисциплины «Технология неорганических веществ» является создание аспирантам условий для приобретения необходимого для осуществления профессиональной деятельности уровня знаний, умений, навыков, опыта деятельности в области технологии неорганических веществ, а также современных и перспективных направлений в смежных областях и подготовки к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

1.4. Задачами дисциплины «Технология неорганических веществ» являются:

- углубленное изучение теоретических и методических основ в области технологии неорганических веществ;
- формирование способности к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области технологии неорганических веществ;
- обучение принципам разработки и управления технологическими процессами.

1.5. Место дисциплины в структуре программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Дисциплина «Технология неорганических веществ» относится к образовательному компоненту программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ. Дисциплина «Технология неорганических веществ» реализуется на третьем году обучения в аспирантуре и направлена на расширение и углубление знаний, полученных обучающимися при изучении предшествующих дисциплин, в том числе неорганической, органической, физической, аналитической химии, общей химической технологии, процессов и аппаратов химической технологии, а также специальных дисциплин

1.6. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия. Программа дисциплины «Технология неорганических веществ» предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области технологии неорганических веществ.

1.7. Форма обучения: с использованием различных образовательных технологий, в том числе дистанционные образовательные технологии, электронное обучение.

1.8. Язык обучения: русский

1.9. Для успешного усвоения дисциплины аспирант должен

знать:

- основные закономерности химических процессов; - основные химические производства;
- основные принципы организации химического производства, его структуру;
- методы оптимизации химико-технологических процессов с применением эмпирических и физико-химических моделей;
- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов и химических превращений;
- основные понятия теории управления технологическими процессами;

уметь:

- выполнять материальные, тепловые и конструктивные расчёты, выбирать и обосновывать рациональную технологическую схему производства продукта, оценивать экономическую и технологическую эффективность производства, использовать основные химические законы, справочные данные для решения задач синтеза различных соединений, проводить качественный и количественный анализ с помощью химических и физико-химических методов;

владеть:

- методами технологических расчётов процессов, а также отдельных узлов и деталей химического оборудования;
- навыками проектирования химической аппаратуры;
- методами проведения физико-химического анализа сырья и химических продуктов;
- общими принципами и технологическими приёмами получения неорганических продуктов;
- методами анализа эффективности работы химических аппаратов и производств;
- современной научно-технической и патентной информацией в области химии и химической технологии.

1.10. Планируемые результаты обучения - знания, умения, навыки и опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций и обеспечивающие достижение результатов, формируемые в результате освоения дисциплины:

1. Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК - 1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК - 2);

- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

2. Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:

- способностью и готовностью к самостоятельно осуществлять научных-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовностью организовывать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);
- способностью и готовностью к анализу, обобщению и публичному представлению результатов выполненных научных исследований (ОПК-3);
- способностью и готовностью к использованию лабораторной и инструментальной базы для получения научных данных (ОПК-4);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

3 Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими профессиональными компетенциями, определяемыми направленностью (профилем) программы и (или) номенклатурой научных специальностей:

- способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (ПК-1);
- способностью получать научную информацию из различных источников, баз данных и уметь ее анализировать (ПК-2);
- способностью к организации проведения теоретических и экспериментальных исследований (ПК-3);
- способностью к разработке учебно-методической документации для проведения учебного процесса (ПК-4);
- способностью проводить обработку и анализ научных результатов, обобщать в виде научных статей для ведущих профильных журналов (ПК-5);
- способностью к внедрению результатов научных исследований и рецензированию научных работ по научной специальности (ПК-6).

1.11. Требования к поступающему определяются Федеральным законодательством в области образования, в том числе, Порядком приема на обучение по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре на соответствующий учебный год.

2. Содержание дисциплины

2.1. Содержание разделов дисциплины

№ пп	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Сырьевая база производств неорганических веществ и материалов	Сырьевые проблемы химической промышленности. Требования, предъявляемые к сырью. Характеристика, основные месторождения и запасы различных видов сырья. Способы и основные показатели процессов обогащения сырья. Комплексное использование сырья. Утилизация и переработка отходов. Природные источники сырья для получения промышленных газов. Характеристика основных видов сырья для производства катализаторов, кислот, минеральных удобрений, солей, щелочей, простых и сложных гидридов металлов.
2	Теоретические основы химико-технологических процессов	Термодинамические свойства веществ, идеальных и реальных химических систем. Влияние параметров химических систем на термодинамические характеристики. Методы расчёта термодинамических характеристик веществ, химических и фазовых превращений. Принципы химического и фазового равновесия. Кинетика химических реакций. Кинетика гетерогенных процессов: стадии и области протекания. Каталитический метод ускорения химических превращений.
3	Типовые процессы в технологии неорганических веществ	Технологические процессы в технологии производства синтез-газа. Газификация твердого и жидкого топлива. Крекинг, конверсия углеводородного сырья. Плазмохимические процессы. Методы разделения многокомпонентных газовых смесей. Основы получения низких температур. Сорбционные методы разделения газовых смесей. Твёрдые и жидкие сорбенты. Промышленные методы очистки газовых сред от сернистых соединений, оксидов азота, углерода, паров воды, хлора. Равновесие в водно-солевых системах. Графические методы изображения двух-трёх-четырёхкомпонентных равновесных систем. Использование диаграмм растворимости для выбора рациональных переработки сложных солевых систем. Взаимодействия в системах твёрдое-газ, твёрдое-твёрдое и твёрдое-жидкое в солевой технологии. Процессы растворения и методы их интенсификации. Технологии важнейших неорганических веществ: аммиак, метанол, серная, азотная и фосфорная кислоты, минеральные удобрения, соли. Основные тенденции развития предприятий отрасли. Особенности технологии

		неорганических химических реактивов и особо чистых веществ.
4	Научные основы и техника экспериментальных исследований химических систем и химико-технологических процессов	Методы научного познания. Эмпирические и теоретические знания, их диалектическое единство. Основные задачи и специфика экспериментальных исследований в технологии неорганических веществ. Исследование и описание кинетики химических реакций и массообмена в гетерогенных системах. Математическое моделирование и обработка экспериментальных данных. Специфика изучения процессов в различных средах. Организация эксперимента. Статистическая обработка экспериментальных данных. Физико-химические методы исследования неорганических веществ и материалов. Техничко-экономическая оценка результатов исследования.
5	Принципы создания и модернизации малоотходных производств	Проблемы создания безотходной технологии-технологии полного использования всех компонентов сырья при минимальном расходе материальных ресурсов и энергии. Характеристика отходов и газовых выбросов отрасли. Разработка новых технологических процессов исключаящих выбросы вредных веществ. Технология очистки газовых выбросов, сточных вод. Проблемы утилизации и переработки отходов производств

3. Организация образовательного процесса при реализации программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

3.1. Общая характеристика образовательной деятельности

Образовательная деятельность по программе аспирантуры предусматривает:

- проведение учебных занятий по дисциплинам (модулям) в форме лекций, семинарских занятий, консультаций, иных форм обучения, предусмотренных учебным планом;
- проведение практик;
- проведение научных исследований в соответствии с направленностью программы аспирантуры;
- проведение контроля качества освоения программы аспирантуры посредством текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся, итоговой аттестации обучающихся.

3.2. Структура дисциплины.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед., 252 часа

Вид учебной работы	Всего часов
Аудиторные занятия (всего)	105
В том числе:	
лекции	55
практические занятия (ПЗ)	50
семинары (С)	-
лабораторные работы (ЛР)	-

Самостоятельная работа (всего)	92
В том числе:	
реферат	40
другие виды самостоятельной работы	52
подготовка к текущим занятиям и коллоквиумам	
	197
Подготовка к экзамену	55
вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой	-
Общая трудоемкость час (зач.ед.)	252 (7)

3.3. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Количество часов				Всего
		лекц.	лаборат.	практич.	СР	
1	Сырьевая база производств неорганических веществ и материалов	10	-	8	14	32
2	Теоретические основы химико-технологических процессов	10	-	8	14	32
3	Типовые процессы в технологии неорганических веществ	15	-	14	24	53
4	Научные основы экспериментальных исследований химических систем и химико-технологических процессов.	10	-	10	18	38
5	Принципы создания малоотходных производств	10	-	10	22	42
Итого часов		55		50	92	197

3.4.. Практические занятия (семинары)

№	Наименование раздела дисциплины	
1	Сырьевая база производств неорганических веществ и материалов	Проблемы развития и расширения сырьевой базы. Вторичные источники сырья.
2	Теоретические основы химико-технологических процессов	Кинетика и термодинамика химико-технологических процессов
3	Типовые процессы в технологии неорганических веществ	Проблемы совершенствования техники и технологии неорганических производств
4	Научные основы экспериментальных исследований химических систем и химико-технологических процессов	Применение современных методов исследования. Обработка экспериментальных данных
5	Принципы модернизации и создания малоотходных производств	Экологические проблемы отрасли. Энерго- и ресурсосбережение.

3.5. Самостоятельная работа

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	Сырьевая база производств неорганических веществ и материалов	Анализ современной научно-технической литературы
2	Теоретические основы химико-технологических процессов	Теоретическое обоснование экспериментальных данных
3	Типовые процессы в технологии неорганических веществ	Написание обзоров, рефератов. Обсуждение проблем развития отрасли
4	Научные основы экспериментальных исследований химических систем и химико-технологических процессов	Обсуждение данных исследования. Подготовка и анализ работ студентов по данной тематике.
5	Принципы модернизации и создания малоотходных производств	Технико-экономические расчёты по теме исследований

Учебной программой дисциплины «Технология неорганических веществ» предусмотрена самостоятельная работа аспирантов в объеме 92 часов.

Виды самостоятельной работы:

- в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет;
- самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет;
- регулярную проработку пройденного на лекциях учебного материала по разделам курса;
- подготовку реферата по тематике курса, подготовку к сдаче экзамена по курсу;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня.

4. Текущий контроль и промежуточная аттестация

Текущий контроль по дисциплине «Технология неорганических веществ» осуществляется в форме собеседования по тематике курса, оценивается аргументированность позиции, широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Технология неорганических веществ» проводится в форме экзамена, предусматривающего ответы на контрольные вопросы (экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, относящихся к различным разделам дисциплины).

Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Дисциплина считается освоенной, если обучающийся получил оценку «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

5.1. Описание шкал оценивания степени сформированности элементов компетенций

Шкала 1. Оценка сформированности отдельных элементов компетенций

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно (по усмотрению преподавателя)	Знать на уровне ориентирования, представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях

4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

5.2. Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Роль минеральных солей и удобрений в жизни растений. Классификация удобрений.
2. Физико-химические основы получения низких температур методом изохвального расширения газа. Физическая сущность процесса. Дифференциальный и интегральный эффект-эффекты.
3. Производство неконцентрированной азотной кислоты. Физико-химические основы окисления аммиака.
4. Процессы растворения и кристаллизация солей в водных растворах.
5. Производство синтетического аммиака. Физико-химические основы процесса, механизм, кинетика, катализаторы, каталитические яды. Восстановление катализаторов синтеза аммиака, методы получения
6. Производство синтез-газа путем конверсии метана. Физико-химические основы процесса.
7. Графическое изображение термодинамических зависимостей в холодильных циклах на примере энтропийных диаграмм циклов Линде, Клауда и Капицы.
8. Экологические аспекты производства минеральных удобрений. Отходы: обезвреживание, улавливание, утилизация фосфогипса, фторсодержащих газов.
9. Производство синтетического аммиака. Кинетика процесса. Факторы, влияющие на скорость процесса синтеза.
10. Калийное сырьё. Получение хлорида калия из сильвинита политемическим (галургическим) методом: физико-химические основы, блок-схема процесса.
11. Подготовка природного и технологических газов перед химическим процессом, очистка от серосодержащих примесей и кислородсодержащих соединений, блок-схема МЭА в производстве синтез-газа.
12. Физико-химические основы производства серной кислоты. Контактное и абсорбционное отделения.
13. Катализ в технологии неорганических веществ. На примере неорганического производства рассмотреть кинетику и механизм каталитического процесса, катализаторы и способы ускорения химических процессов.

14. Азотные удобрения, сырьё для их производства. Получение аммиачной селитры: свойства, физико-химические основы и блок-схема процесса.
15. Технологическая схема концентрирования разбавленной азотной кислоты.
16. Сульфат аммония: свойства, сырьё для производства, физико-химические основы и блок-схема процесса.
17. Технологическая схема двухступенчатой каталитической конверсии метана и оксида углерода паровоздушной смесью, физико-химические основы процесса и параметры процесса, определяющие максимальный выход синтез-газа.
18. Катализаторы синтеза аммиака. Производство катализаторов, Восстановление катализаторов, каталитические яды.
19. Производство серной кислоты, физико-химические основы контактного окисления диоксида серы и абсорбции конвертированного газа. Кинетика процесса и факторы, влияющие на равновесную степень превращения. Блок-схема ДКДА
20. Сырьё для производства фосфорных удобрений. Получение экстракционной фосфорной кислоты: свойства, физико-химические основы и блок-схема дигидратного процесса.
21. Очистка технологических газов от оксида углерода (1У) растворами поташа.
22. Способы получения двойного суперфосфата из слабой (28%) и концентрированной (54%) фосфорных кислот: физико-химические основы и блок-схема процессов.
23. Физико-химические основы прямого синтеза концентрированной азотной кислоты, факторы, влияющие на скорость процесса и выход целевого продукта, схема процесса.
24. Физические основы получения низких температур. Принцип работы ректификационной колонны двукратного действия.
25. Фосфаты аммония: свойства. Аммофос: сырьё для производства, физико-химические основы и блок-схемы процессов на слабой (28%) и концентрированной (54%) фосфорных кислотах.
26. Азотная кислота, физико-химические основы конверсии аммиака и переработки оксидов азота в разбавленную азотную кислоту, блок-схема АК-72М.
27. Особенности технологии неорганических веществ, методы фиксации атмосферного азота.
28. Производство нитрофосфатов азотнокислотным разложением фосфатного сырья: физико-химические основы, способы снижения избыточного кальция ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) в азотнокислотной вытяжке.
29. Производство синтетического аммиака. Физико-химические основы процесса, механизм, кинетика, катализаторы, каталитические яды. Восстановление катализаторов синтеза аммиака, методы получения.
30. Каталитическая очистка отходящих газов от оксидов азота

5.3. Вопросы к кандидатскому экзамену по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ

1. Кинетика гомогенных и гетерогенных химических процессов. Способы ускорения химических реакций.
2. Тепловой эффект химических реакций.
3. Плазмохимические процессы.
4. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем.

5. Основные способы получения, свойства и применение термического фосфора, продуктов плазмохимической технологии.
6. Высокотемпературные гетерогенные процессы на примере окисления алюминия и бора.
7. Магнетизм. Ферромагнитные порошки. Свойства получения и свойства.
8. Способы подготовки и анализа качества химического сырья плазмохимической технологии.
9. Способы получения, свойства и применение инертных газов.
10. Способы получения композиционных химических материалов из высокоэнергетических компонентов.
11. Технология производства композиционных химических материалов.
12. Источники загрязнения окружающей среды. Отходы плазмохимической технологии, их свойства и характеристики. Способы утилизации отходов.
13. Основные типы химических связей в молекулах.
14. Гомогенные и гетерогенные химические реакции, влияние технологических факторов на скорость их проведения.
15. Стадии проведения химических процессов и методы их контроля.
16. Технологические факторы, влияющие на химические процессы и качество получаемых продуктов.
17. Химический газофазный метод получения металлов различных модификаций (порошки, пленки, покрытия), преимущества метода.
18. Карбонилы металлов: строение, способы получения и области применения.
19. Железо: физико-химические свойства, способы получения и области применения.
20. Вольфрам, молибден, хром: физико-химические свойства, способы получения и области применения.
21. Углерод: аллотропия, физико-химические свойства углерода различных модификаций и области их применения.
22. Технологические особенности получения углеродных волокон.
23. Охрана окружающей среды в химическом производстве, способы утилизации отходов.
24. Методы разделения многокомпонентных химических смесей.
25. Получение, физико-химические свойства и области применения кремния.
26. Получение, физико-химические свойства и области применения карбида кремния.
27. Получение стеклокерамических композиций на основе оксидов алюминия, иттрия и кремния.
28. Технологические аспекты высокотемпературного синтеза кремнийорганических продуктов.
29. Охрана окружающей среды в производстве кремнийорганических продуктов.
30. Механохимические процессы. Сущность механической активации химических веществ, соединений и материалов. Области ее использования.
31. СВС-синтез. Характерная особенность и преимущества метода СВС. Теоретические результаты. Применение продуктов СВС-синтеза.
32. Каталитические процессы. Виды катализа, стадии протекания и пути интенсификации процессов катализа. Особенности процессов в неподвижном и взвешенном слоях катализатора.

33. Простые и сложные гидриды элементов III группы (бор, алюминий). Гидриды бора, литийборгидрид, литийалюминийгидрид, гидрид алюминия. Способы получения, свойства и применение. Технологические особенности процессов.
34. Неорганические соединения бора, алюминия, кремния. Кристаллический кремний, карбид кремния, карбид бора, двуокись кремния, гидрид кремния, хлорид кремния, аэросил, аэрогель. Получение, физико-химические свойства и области применения.
35. Неорганические волокна. Стеклокерамические композиции на основе оксидов бора, алюминия, кремния. Борные, карбидокремниевые, оксидные и углеродные волокна. Технологические особенности получения, свойства и применения.
36. Перекись водорода. Методы получения, концентрирования. Способы стабилизации концентрированной перекиси водорода, катализаторы процесса. Свойства и применение.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1. Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: учебное пособие для вузов / О.В. Крылов- М.:ИКЦ «Академический», 2004. - 679с.
2. Позин М. Е., Зинюк Р. Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. Л.: Химия, 1985. 384 с.
3. .Конькова Т.В., Либерман Е.Ю. Теоретические и практические основы технологии неорганических веществ Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2020. 240 с.
4. Петропавловский И.А., Дмитриевский Б.А., Левин Б.В., Почиталкина И.А. Химия и основы технологии минеральных удобрений. СПб.: Проспект Науки. 2021. 344 с.
5. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 592 с.
6. Сахаровский Ю.А., Чередниченко С.А., Розенкевич М.Б. Теоретические основы процессов тонкого разделения смесей. М.: РХТУ им. Д.И, Менделеева. 2016. 112 с.
7. Варезкин А.В. Физико-химические основы получения высокочистых веществ, М.: РХТУ, им. Д.И. Менделеева, 2019, 176 с.
8. Петропавловский И.А. и др. Технология минеральных удобрений – СПб.: Проспект Науки, 2018. 312 с.

Дополнительная литература

- 2.Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. М.: Химия, 1999. 472 с.
3. Семенов В.П., Кисилев Г.Ф., Орлов А.А. Производство аммиака. М.: Химия, 1985. 368с.
- 4.Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1985. 385 с.
- 5.Широков Ю.Г. Теоретические основы технологии неорганических веществ. Иваново: ИГХТУ, 2000. 336 с.
6. Андреев Б.М., Магомедбеков Э.П., Райтман А.А., Розенкевич М.Б., Сахаровский Ю.А., Хорошилов А.В. Разделение изотопов биогенных элементов в двухфазных системах, М.: ИздАТ. 2003 376 с
7. Комплексное использование сырья и отходов / Б.М. Равич, В.П. Окладников, В.Н. Лигач и др. М.: Химия, 1988.288 с.
- 8.Мельников Е.Я. и др. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений. - М.: Химия, 1983. 432с.

9. Позин М.Е., Копылев Б.А., Бельченко Т.В. и др. Расчеты по технологии неорганических веществ.- Л.: Химия, 1989. 492с.
10. Фабич Б.М., Окладников В.П., Лигач В.Н. и др. Комплексное использование сырья и отходов. М.. Химия, 1981.-288 с.
11. Бесков В.С., Флокк В. Моделирование каталитических процессов и реакторов. М.: Химия, 1991.-256 с.

6.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

1. Теоретические основы химической технологии. ISSN 0040-3571
2. Theoretical Foundation of Chemical Engineering. ISSN 0040-5795
3. Журнал прикладной химии. ISSN 0044-4618
4. Химическая технология. ISSN 1684-5811
5. Доклады Академии наук. ISSN 0869-5652
6. Журнал физической химии. ISSN 0044-4537
7. Известия вузов. Химия и химическая технология. ISSN 0579-2991
8. Известия РАН. Серия химическая. ISSN 0002-3353
9. Химическая промышленность сегодня. ISSN 2713-2854
10. Сорбционные и хроматографические процессы. ISSN 1680-0613

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), серия М «Силикатные материалы», ISSN 0235-2206
2. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>
3. Федеральная служба по интеллектуальной собственности <http://www.rupto.ru>
4. The United States Patent and Trademark Office <http://www.uspto.gov>
5. The European Patent Office <http://ep.espacenet.com>
6. Политематические базы данных CAPLUS, COMPENDEX (США); INSPEC (Великобритания); PASCAL (Франция).
7. Базы цитирования РИНЦ, Web of Science, Scopus
8. Ресурсы ELSEVIER: <http://www.sciencedirect.com>
9. Ресурсы SPRINGER: <http://link.springer.com>
10. Портал для аспирантов и соискателей ученой степени: <http://www.aspirantura.com/>
11. Сайт Российской электронной библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>
12. Сайт журнала научных публикаций для аспирантов и докторантов: <http://www.iurnal.org/>

6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации лекций в PowerPoint;
- комплект контрольных заданий для итогового контроля освоения дисциплины

7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>

Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.

2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>

В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.

3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/>

База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.

4. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>

Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев.

5. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>

Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс, является платформой для рецензируемых научных журналов открытого доступа, издающихся MDPI AG (Базель, Швейцария). Издательство выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.

6. Издательство с открытым доступом InTech

<http://www.intechopen.com/>

Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.

7. База данных химических соединений ChemSpider

<http://www.chemspider.com/>

ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).

9. US Patent and Trademark Office (USPTO)

<http://www.uspto.gov/>

Ведомство по патентам и товарным знакам США (USPTO) предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. по настоящее время.

10. Espacenet - European Patent Office (EPO)

<http://worldwide.espacenet.com/>

Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.

11. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)

http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru

Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:

- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
- Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
- Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.

- Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня

12. Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://elibrary.ru>

8. Оборудование, необходимое в образовательном процессе.

АО «ГНИИХТЭОС» располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом, а также эффективное выполнение диссертационной работы. Аудитории для проведения лекций, оснащены оборудованием для демонстрации слайдов компьютерных презентаций. Компьютеры АО «ГНИИХТЭОС» объединены в локальную сеть с выходом в Интернет и с возможностью доступа к научным базам данных и электронным библиотекам. Имеется научно-техническая библиотека.

8.1. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратнопрограммные и аудиовизуальные средства: персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

8.2 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде.