

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий
Кафедра «Физика и естественнонаучные дисциплины»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Химическая технология неорганических веществ.
Каталитические и солевые процессы»

Направления подготовки

«18.03.01. Химическая технология»

Основная профессиональная образовательная программа

«Химическая технология неорганических веществ»

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Цель освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины является получение знаний, необходимых для плодотворной творческой деятельности бакалавра. Дисциплина «Химическая технология неорганических веществ. Каталитические и солевые процессы» формируют технологическое мировоззрение бакалавров для их производственно-технологической и проектно-конструкторской профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины: изучение основных реакционных процессов, общих закономерностей химических процессов и принципов организации производства серной кислоты, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства. Бакалавр по дисциплине «Химическая технология неорганических веществ. Каталитические и солевые процессы» должен решать профессиональные задачи в соответствии с производственно-технологической, научно-исследовательской, организационно-управленческой и проектной деятельностью.

Изучение дисциплины должно основываться на следующих профессиональных стандартах:

- 26.001. Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов;
- 26.004. Специалист по производству волокнистых наноструктурированных композиционных материалов.

Место дисциплины в структуре ООП ВО

Курс «Химическая технология неорганических веществ. Каталитические и солевые процессы» связан с необходимостью знаний основ общей и неорганической химии, аналитической химии и физико-химических методов анализа, общей химической технологии, технологии катализаторов и адсорбентов, процессов и аппаратов химической технологии, широкое использование, которых не только даёт возможность наиболее точно выразить теоретические закономерности, но и является необходимым инструментом их установления. Теоретические знания и практические навыки, полученные студентами при изучении дисциплины «Химическая технология неорганических веществ. Каталитические и солевые процессы», должны быть использованы в процессе изучения последующих дисциплин: «Ресурсо- и энергосбережение в технологии неорганических веществ», «Экологические проблемы основной химической промышленности», «Расчет и выбор материалов и оборудования при проектировании».

После изучения дисциплины выпускники должны быть готовы к выполнению следующих трудовых функций:

- А/06.6. Разработка предложений по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства;
- D/01.6. Совершенствование технологии, механизация и автоматизация производственных процессов;
- А/01.6. Проведение анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:
– профессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2	способен использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	З-ПК-2 Знать свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе для соблюдения технологического регламента У-ПК-2 Уметь использовать знания свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач по выпуску продукции в строгом соответствии с техническими требованиями В-ПК-2 Владеть навыками разработки предложения по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства
ПК-7	способен принимать конкретные техниче-	З-ПК-7 Знать технологии и системы экологического менеджмента при проведении испытаний с использованием техниче-

	ские решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	ских средств У-ПК-7 Уметь выполнять работы по сбору и накоплению данных при разработке технологических процессов В-ПК-7 Владеть навыками выбора технических устройств и технологий с учетом экологических последствий их применения для подготовки проекта плана мероприятий по использованию сырья в дополнительных производственных целях
--	--	---

Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебной дисциплины	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
Профессиональное воспитание	формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий	1. Организация научно-практических конференций, круглых столов, встреч с ведущими специалистами предприятий экономического сектора города по вопросам технологического лидерства России. 2. Участие в подготовке публикаций в высокорейтинговых рецензируемых научных изданиях
Профессиональное воспитание	формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (В21)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепления рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.	1. Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие студентов в проведении круглых столов и семинаров. 2. Формирование вертикальных связей и формальных правил жизни при проведении студенческих конкурсов
Профессиональное воспитание	формирование творческого	1. Использование для формирования чувства личной ответственности в области	1. Организация и проведение экскурсий, науч-

нальное воспи- тание	мышления применительно к сфере хими- ческой техно- логии неорга- нических ве- ществ (В35)	технологии водоподготовки и очистки сточных вод, технологии минеральных удобрений солей и щелочей / технологии основного неорганического синтеза, тех- нологии катализаторов и адсорбентов / технологии реактивов и особо чистых ве- ществ воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин: Технология водоподготовки и очистки сточных вод; Технология катализаторов и адсорбен- тов/Технология реактивов и особо чистых веществ; Технология минеральных удобрений, со- лей и щелочей/Технология основного не- органического синтеза. 2. Развитие навыков творческого мышле- ния путем содействия и поддержки уча- стия студентов в научно-практических ме- роприятиях внутривузовского региональ- ного и/или всероссийского уровня в сфере химических технологи й.	но-практических конфе- ренций, форумов, круг- лых столов, вебинаров по вопросам профессио- нальной деятельности 2. Участие в студенче- ских олимпиадах и кон- курсах научных проек- тов, творческих меро- приятиях, конкурсах профессионального ма- стерства, в том числе по стандартам WorldSkills. 3. Участие в подготовке публикаций в периоди- ческих научных издани- ях; 4. Участие в деятельно- сти студенческого науч- ного общества.
----------------------------	---	---	---

Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 7-ом и 8-ом семестрах. Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 ак. часов.

Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
7 семестр									
1	1, 2	Общие сведения катализаторов	34	4	12	12	6	УО, ЛР №1, ЛР №2, ЛР №3, Зд №1	25
	3	Катализаторы и каталитические процессы	18	4	-	-	14		
2	4	Технология получения катализаторов	30	4	4	14	8	ЛР №4, ЛР №5, ЛР №6, Зд №2, Зд №3	25
	5	Промышленные виды катализаторов	26	4	-	6	16		
Вид промежуточной аттестации			108	16	16	32	44	Зачет	50
8 семестр									
1	6	Технология калийных удобрений Технология комплексных удобрений	58	8	-	12	38	УО, Зд №1, Зд №2, Зд №3	25
2	7	Технология солей Технология щелочей	50	8	-	4	38	Зд №4, Зд №5, Зд №6	25
Вид промежуточной аттестации			108	16	-	16	76	Экзамен	50

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
УО	Устный опрос
ЛР	Лабораторная работа
Зд	Решение задач

Содержание лекционного курса

Темы лекций. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
7 семестр		
Общие сведения катализаторов Понятие катализа и катализаторов Сущность каталитического действия Области протекания каталитических реакций	4	[1-3]
Катализаторы и каталитические процессы Стадии катализа на твердых катализаторах Технические характеристики контактных масс	4	[1-3]
Технология получения катализаторов Основные требования, предъявляемые к промышленным катализаторам Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки Катализаторы, получаемые механическим смешением компонентов Плавленные и скелетные контактные массы Катализаторы на основе цеолитов Распылительные сушилки	4	[1-3]
Промышленные виды катализаторов Разновидности промышленных контактных масс Осажденные контактные массы Производство катализатора конверсии оксида углерода	4	[1-3]
8 семестр		
Технология солей Производство кальцинированной соды Сырье для производства соды Получение извести и диоксида углерода Приготовление известкового молока Карбонизация аммонизированного рассола Кальцинация гидрокарбоната натрия Аммиачная селитра Сульфат аммония Концентрированные растворы карбамида и аммонийной селитры (КАС) Фосфоритная мука. Общие сведения о фосфоритной муке Технология получения фосфоритной муки Теоретические основы производства простого суперфосфата Технология получения простого суперфосфата Технология производства двойного суперфосфата Хлористый калий	8	[1-3]
Технология щелочей Производство каустической соды Технико-экономические вопросы производства щелочей	8	[1-3]

Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3

7 семестр		
Расчет энергии активации каталитического процесса	12	[10]
Расчет производительности катализатора	12	[11]
Расчет каталитических процессов и реакторов	8	[12]
8 семестр		
Технологические расчеты в производстве аммиачной селитры	2	[13]
Технологические расчеты в производстве карбамида	2	[14]
Технологические расчеты в производстве сульфата аммония	4	[15]
Технологические расчеты в производстве простого суперфосфата	4	[16]
Технологические расчеты в производстве двойного суперфосфата	2	[17]
Технологические расчеты в производстве экстракционной фосфорной кислоты	2	[18]

Перечень лабораторных работ

Тема лабораторных работ. Задания, вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Влияние катализаторов на скорость химических реакций	2	[4]
Каталитическая активность контактных масс	2	[5]
Количественный анализ известковых удобрений	4	[6]
Анализ фосфатной муки и апатитового концентрата	4	[7]
Трилометрический метод анализа двойного суперфосфата	2	[8]
Анализ смеси фосфорной и серной кислот	2	[9]

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
7 семестр		
Общие сведения катализаторов Функциональность катализаторов Факторы катализаторов, определяющие скорость химического превращения	6	[1-3, 19-21]
Катализаторы и каталитические процессы Классификация каталитических процессов Состав контактных масс. Разновидности контактных масс. Примеры контактных масс, используемых в различных областях химической технологии неорганических веществ Особенности протекания гетерогенных каталитических процессов	14	[1-3, 19-21]
Технология получения катализаторов Основные этапы производства контактных масс. Общие сведения о производстве катализаторов. Формовка катализатора. Механохимические реакции. Механизмы каталитических процессов. Виды отравления катализаторов. Селективность катализаторов.	8	[1-3, 19-21]
Промышленные виды катализаторов Разновидности промышленных контактных масс Осажденные контактные массы Производство катализатора конверсии оксида углерода	16	[1-3, 19-21]
8 семестр		
Технология солей Физико-химические свойства кальцинированной соды	38	[1-3, 19-21]

Предварительная очистка сырого рассола Аммонизация очищенного рассола Технологическая схема процесса кальцинации Карбамид (мочевина) Виды жидких азотных удобрений и их свойства Сырье для производства фосфорных удобрений. Обогащение Характеристика простого суперфосфата Теоретические основы производства двойного суперфосфата Монокальцийфосфат Преципитат Калийная соль Сульфат калия		
Технология щелочей Физико-химические свойства кальцинированной соды Предварительная очистка сырого рассола Аммонизация очищенного рассола Технологическая схема процесса кальцинации Известковый способ получения каустической соды Концентрирование слабых щелоков. Отделение выпарки	38	[1-3, 19-21]

Образовательные технологии

Реализация освоения данной дисциплины обеспечивается доступом каждого обучающегося к базам данных и библиотечным фондам, формируемым по полному перечню дисциплин (модулей) основной образовательной программы. В БИТИ НИЯУ МИФИ действует компьютерные классы, в которых проводятся занятия по различным дисциплинам направления подготовки «Химическая технология», в том числе и классы обеспечены доступом к сети Интернет для самостоятельной подготовки студентов. На кафедре имеется компьютеры с возможностью работы в специальных программах и доступа к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам, к таким как база данных периодических изданий. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий.

Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
7 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Общие сведения катализаторов	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2	Отчет по лабораторной

	Катализаторы и каталитические процессы	3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	работе (письменно) Решение задач (письменно)
2	Технология получения катализаторов	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Отчет по лабораторной работе (письменно) Решение задач (письменно)
	Промышленные виды катализаторов		
Промежуточная аттестация			
1	Зачет	ПК-2, ПК-7	Устный опрос (устно)
8 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Технология калийных удобрений Технология комплексных удобрений	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Решение задач (письменно)
2	Технология солей Технология щелочей	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Решение задач (письменно)
Промежуточная аттестация			
1	Экзамен	ПК-2, ПК-7	Устный опрос (устно)

Перечень основных показателей оценки результатов, элементов практического опыта, знаний и умений, подлежащих входному, текущему контролю и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
7 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
1	Общие сведения катализаторов	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает понятие катализа и катализаторов, сущность каталитического действия, Владеет методикой исследования влияния катализаторов на скорость химической реакции Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для определения энергии активации контактных масс
	Катализаторы и каталитические процессы		
2	Технология получения катализаторов	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает сущность каталитического действия, стадии катализа Владеет методикой исследования каталитической активности контактных масс Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для параметров катализаторов и реакторов
	Промышленные виды катализаторов		
Промежуточная аттестация			
	Зачет	ПК-2, ПК-7	Демонстрирует основные знания и умения в соответствии с разделами 1, 2.
8 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			

1	Технология калийных удобрений Технология комплексных удобрений	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает технологию получения калийных удобрений, комплексных удобрений Владеет методикой расчета производства аммофоса Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для составления материальных балансов в производстве комплексных удобрений
2	Технология солей Технология щелочей	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает технологию получения кальцинированной соды и каустической соды Владеет методикой расчета производства каустической соды Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для составления материальных балансов в производстве каустической соды
Промежуточная аттестация			
	Экзамен	ПК-2, ПК-7	Демонстрирует основные знания и умения в соответствии с разделами 1, 2.

Оценочные средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
7 семестр			
1	Входной контроль	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос - УО
2	Отчет по лабораторной работе	Техническое средство, которое может быть использовано для контроля приобретенных студентом профессиональных навыков и умений по управлению конкретным материальным объектом.	Лабораторная работа - ЛР
3	Практическое занятие	Решение задач реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.	Решение задач - Зд
4	Устный опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос – УО
8 семестр			
1	Входной контроль	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос - УО

		ля с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	
2	Практическое занятие	Решение задач реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.	Решение задач - Зд
3	Устный опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос – УО

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

7 семестр

Вопросы входного контроля (УО):

1. Классы неорганических веществ
2. Виды химической связи
3. Агрегатные состояния веществ
4. Внутренняя энергия
5. Скорость химической реакции
6. Влияние концентрации, температуры, давления на скорость химической реакции
7. Гомогенные и гетерогенные системы
8. Катализ
9. Необратимые и обратимые реакции
10. Смещение химического равновесия. Принцип Ле Шателье

Вопросы для отчета по лабораторной работе №1:

1. Классификация каталитических процессов
2. Что такое каталитическая активность, чем она характеризуется и выражается?
3. Чем определяется активность катализатора для процессов, протекающих в кинетической области?
4. Какие параметры влияют на гидродинамику каталитического процесса?
5. Что такое объемная скорость? Как она выражается?

Вопросы для отчета по лабораторной работе №2:

1. Что такое гомогенный катализ?
2. Что такое гетерогенный катализ?
3. Приведите примеры гомогенного и гетерогенного катализаторов и его применение.
4. Что вызывает промотирующее действие на катализатор?
5. Какое влияние оказывает ортофосфорная кислота на разложение пероксида водорода?

Вопросы для отчета по лабораторной работе №3:

1. Определите объем сернистого газа SO_2 массой 26 г при нормальных условиях.
2. Газовая смесь состоит из 3 л кислорода и 5 л оксида серы (IV). Объемы газов приведены к нормальным условиям. Рассчитать массу смеси.
3. Опишите строение молекулы SO_2 . Каковы кислотно-основные свойства этого соединения? В обосновании ответа приведите уравнения соответствующих реакций.
4. Охарактеризуйте промышленный способ получения SO_2 .
5. Где применяется SO_2 и сернистая кислота?

Вопросы для отчета по лабораторной работе №4:

1. Слили 200 мл 3 М и 300 мл 4 М раствора сульфида натрия. Рассчитать молярную концентрацию полученного раствора.
2. Какая масса сернистого натрия содержится в 50 мл 0,6 М раствора?
3. Опишите строение молекулы Na_2S . Какими окислительными или восстановительными свойствами обладает это соединение? В обосновании ответа приведите уравнения соответствующих реакций.
4. Охарактеризуйте в краткой форме промышленный способ восстановления Na_2S углем.
5. Где применяется Na_2S ?

Вопросы для отчета по лабораторной работе №5:

1. Свойства тиосульфата натрия.
2. Напишите качественную реакцию на тиосульфат-ион.
3. Особенности тиосульфата натрия.
4. Напишите реакцию диссоциации сульфата натрия и сульфита натрия.
5. Применение тиосульфата натрия.

Вопросы для отчета по лабораторной работе №6:

1. Определить массовые доли элементов в серной кислоте H_2SO_4 .
2. Путем разбавления 500 г 96 %-ной серной кислоты водой, следует получить 25%-ную кислоту. Какой объем воды для этого потребуется и какая масса разбавленной кислоты получится?
3. Перечислите физические свойства серной кислоты.
4. Виды серной кислоты.
5. По какому принципу взаимодействует разбавленная серная кислота с металлами. Приведите реакции.

Задачи для выполнения практических занятий:

1. Определить константу скорости некоторой каталитической реакции при 36°C , если предэкспоненциальный множитель $2,7 \cdot 10^{13} \text{ см}^3/(\text{моль} \cdot \text{с})$ и энергия активации $78,4 \text{ кДж/моль}$.
2. Энергия активации некоторой реакции в отсутствие катализатора равна 70 кДж/моль и при температуре 21°C протекает с некоторой скоростью k_1 . В присутствии катализатора при этой же температуре скорость реакции увеличивается в $2,65 \cdot 10^4$ раз. Определите энергию активации реакции в присутствии катализатора.
3. Рассчитать количество контактной массы в контактном аппарате с промежуточным теплообменом производительностью 10 т/ч серной кислоты.

Вопросы к зачету

1. Понятие катализа и катализаторов
2. Сущность каталитического действия
3. Области протекания каталитических реакций
4. Функциональность катализаторов
5. Факторы катализаторов, определяющие скорость химического превращения
6. Стадии катализа на твердых катализаторах
7. Технические характеристики контактных масс
8. Классификация каталитических процессов
9. Состав контактных масс. Разновидности контактных масс. Примеры контактных масс, используемых в различных областях химической технологии неорганических веществ
10. Особенности протекания гетерогенных каталитических процессов
11. Основные требования, предъявляемые к промышленным катализаторам
12. Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки
13. Катализаторы, получаемые механическим смешением компонентов
14. Плавленные и скелетные контактные массы
15. Катализаторы на основе цеолитов
16. Распылительные сушилки
17. Основные этапы производства контактных масс.
18. Общие сведения о производстве катализаторов.
19. Формовка катализатора.
20. Механохимические реакции.
21. Механизмы каталитических процессов.
22. Виды отравления катализаторов.

23. Селективность катализаторов.
24. Разновидности промышленных контактных масс
25. Осажденные контактные массы
26. Производство катализатора конверсии оксида углерода
27. Разновидности промышленных контактных масс
28. Осажденные контактные массы
29. Производство катализатора конверсии оксида углерода

8 семестр

Вопросы входного контроля (УО):

1. Фосфор в природе
2. Получение и свойства фосфора
3. Оксиды и кислоты фосфора
4. Свойства калия
5. Свойства кальция
6. Химическая технология и ее классификация
7. Принципы обогащения сырья
8. Классификация химических реакций, лежащих в основе промышленных химико-технологических процессов
9. Сущность катализа. Виды каталитических процессов
10. Химико-технологическая система

Задания для выполнения практических занятий:

1. Для некоторой химической реакции присутствие катализатора позволяет уменьшить энергию активации химического процесса, реализуемого при температуре 450 °С, от 48 до 33 кДж. Во сколько раз увеличится скорость каталитической реакции по сравнению с некаталитической, полагая, что все другие факторы скорости реакции остаются неизменными?
2. Промышленная установка, работающая на ванадиевом катализаторе (V_2O_5), производит в сутки 10 000 кг моногидрата серной кислоты (H_2SO_4). Объем катализатора в установке 0,5 м³. Рассчитать производительность катализатора.
3. Определить объем катализатора $v_{кат}$ в колонне синтеза аммиака и время контакта τ газа с катализатором по следующим исходным данным: производительность реактора 95 т NH_3 в сутки, давление $P=80$ МПа; температура $t=500^\circ C$; объемная скорость $V_{об}=60000$ м³/(ч·м³); степень превращения $x=20\%$. Свободный объем катализатора $V_{св}=30\%$ от общего его объема. На 1 т NH_3 расходуется 3000 м³ азотоводородной смеси ($V_{азвс}$). Для упрощения расчета наличие инертных примесей в газе ($Ar+CH_4$) не учитывать.
4. Определить требуемое количество активного угля, высоту слоя адсорбента и диаметр адсорбера периодического действия для поглощения паров бензина из смеси его с воздухом. Расход паровоздушной смеси 3450 м³/ч. Начальная концентрация бензина $C_0=0,02$ кг/м³. Скорость паровоздушной смеси $\omega=0,23$ м/с, считая на полное сечение аппарата, динамическая активность угля по бензину 7 % (масс.), остаточная активность после десорбции 0,8 % (масс.), насыпная плотность угля $\rho_{нас}=500$ кг/м³. Продолжительность десорбции, сушки и охлаждения адсорбента составляет 66 мин.
5. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135$ мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=1,0$ м. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25$ м/мин; начальная концентрация $C_0=0,027$ кг/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{нас}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?
6. Рассчитайте объем сухого воздуха, необходимый для сжигания 100 кг колчедана, и объем полученного обжигового газа, если колчедан содержит 50% S; влажность колчедана 9%. Содержание SO_2 в обжиговом газе 14% по объему. Коэффициент избытка воздуха $\alpha=1,5$. Состав воздуха: 21% кислорода и 79% азота по объему.

Вопросы к экзамену

1. Производство кальцинированной соды
2. Сырье для производства соды
3. Получение извести и диоксида углерода
4. Приготовление известкового молока

- 5.Карбонизация аммонизированного рассола
- 6.Кальцинация гидрокарбоната натрия
- 7.Аммиачная селитра
- 8.Сульфат аммония
- 9.Концентрированные растворы карбамида и аммонийной селитры (КАС)
- 10.Фосфоритная мука. Общие сведения о фосфоритной муке
- 11.Технология получения фосфоритной муки
- 12.Теоретические основы производства простого суперфосфата
- 13.Технология получения простого суперфосфата
- 14.Технология производства двойного суперфосфата
- 15.Хлористый калий
- 16.Физико-химические свойства кальцинированной соды
- 17.Предварительная очистка сырого рассола
- 18.Аммонизация очищенного рассола
- 19.Технологическая схема процесса кальцинации
- 20.Карбамид (мочевина)
- 21.Виды жидких азотных удобрений и их свойства
- 22.Сырье для производства фосфорных удобрений. Обогащение
- 23.Характеристика простого суперфосфата
- 24.Теоретические основы производства двойного суперфосфата
- 25.Монокальцийфосфат
- 26.Преципитат
- 27.Калийная соль
- 28.Сульфат калия
- 29.Производство каустической соды
- 30.Физико-химические свойства кальцинированной соды
- 31.Предварительная очистка сырого рассола
- 32.Аммонизация очищенного рассола
- 33.Технологическая схема процесса кальцинации
- 34.Известковый способ получения каустической соды
- 35.Концентрирование слабых щелоков. Отделение выпарки
- 36.Технико-экономические вопросы производства щелочей

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала оценки входного контроля, отчета по лабораторной работе:

Зачтено: Задание выполнено верно, сдано в установленные сроки

Не зачтено: Задание не выполнено, выполнено с ошибками, которые требуется исправить, или сдано после установленного срока

Шкала оценки задач (в процентах):

Проценты	Требования к знаниям
100-85	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

Оценки *в баллах* высчитываются путем произведения величины выставленного процента для конкретного вида текущего контроля на предварительно выделенное для него количество баллов (в пределах раздела).

Оценивание студента на защите **зачета** по дисциплине «Химическая технология неорганических веществ. Каталитические и солевые процессы»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Оценка (балл за ответ на зачете)	Требования к знаниям
--	---	----------------------

100-65	«зачтено» - 35 баллов	–Оценка «зачтено» если он имеет знания основного материала, если он прочно усвоил программный материал, последовательно, четко и логически стройно его излагает его на зачете, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, умеет тесно увязывать теорию с практикой –Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрируют достаточную степень овладения программным материалом.
64-0	«не зачтено» - 0 баллов	–Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. –Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрировали не высокую степень овладения программным материалом по минимальной планке.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Оценивание студента **на экзамене** по дисциплине «Химическая технология неорганических веществ. Каталитические и солевые процессы»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Освоение компетенций	Требования к знаниям
100-85	Продвинутый уровень	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Средний уровень	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Базовый уровень	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Итоговая оценка выставляется путем перевода набранных баллов в соответствии со следующей таблицей:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы и экзамен	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
	65-69	
3 – «удовлетворительно»	60-64	E
2 – «неудовлетворительно»	Менее 60	F

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Ахметов Т.Г., Бусыгин В.М., Гайсин Л.Г., Ахметова Р.Т. Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие. - СПб : Издательство «Лань», 2019. - 452 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/119611/#2>

2.Москвичев Ю.А., Григоричева А.К., Павлов О.С. Теоретические основы химической технологии : учебное пособие. - СПб : Издательство «Лань», 2020. - 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/130185/#63>

Дополнительная литература:

3. Прокофьев В.Ю. Оборудование производств неорганических веществ: учебное пособие. – Иваново : Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2016. - 115 с. — Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785961605037.html>
4. Зубова Н.Г. Получение аллотропических модификаций серы / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.
5. Зубова Н.Г. Свойства серы и ее соединений / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.
6. Зубова Н.Г. Свойства оксида серы (IV) / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.
7. Зубова Н.Г. Количественное определение сернистого натрия/ Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.
8. Зубова Н.Г. Синтез тиосульфата натрия / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.
9. Зубова Н.Г. Свойства серной кислоты / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.
10. Зубова Н.Г. Расчет показателей процесса обогащения серосодержащего сырья / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.
11. Зубова Н.Г. Расчет выхода серосодержащего сырья в процентном отношении / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.
12. Зубова Н.Г. Расчет физико-химических показателей серной кислоты и олеума / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.
13. Зубова Н.Г. Расчет теплового эффекта разбавления серной кислоты / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.
14. Зубова Н.Г. Расчет производительности и интенсивности серноокислительного оборудования / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.
15. Зубова Н.Г. Расчет показателей процесса получения сернистого газа / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.
16. Зубова Н.Г. Расчет сушильной башни / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.
17. Зубова Н.Г. Расчет количества контактной массы в аппарате с промежуточным теплообменом / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.
18. Зубова Н.Г. Расчет контактного аппарата с добавлением воздуха после слоев контактной массы / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.
19. Журнал «Успехи в химии и химической технологии». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2381>
20. Журнал «Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2484>
21. Журнал «Тонкие химические технологии». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2361>

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Процесс реализации образовательной программы обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения.

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Занятия проводятся в учебной аудитории, предназначенной для проведения занятий лекционного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория оснащена необходимым оборудованием.

В распоряжении обучающихся студентов имеются электронно-библиотечные системы.

Учебно-методические рекомендации для студентов

1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

2. Указания для участия в практических занятиях

Перед посещением практических занятий уяснить тему и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце практического занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

3. Указания для выполнения лабораторных работ

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы провести самостоятельно подготовку к работе изучив основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, не допуская по возможности неправильных действий.

Основные результаты экспериментов необходимо зафиксировать в письменном виде.

При сдаче зачета по работе подготовить отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

4. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Методические рекомендации для преподавателей

1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, являе-

ниях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

2. Указания для проведения практических занятий

Четко обозначить тему практического занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и в дискуссиях.

В конце практического занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

3. Указания для проведения лабораторных занятий.

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы проверить степень готовности студентов, напомнить и обсудить основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работ.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий.

Требовать, чтобы основные результаты экспериментов были зафиксированы студентами в письменном виде.

При приеме зачета по работе требовать отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

4. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Рабочую программу составил: доцент, Зернышкина А.А.

Рецензент: доцент, Герасимова В.М.

Программа одобрена на заседании УМКН 18.03.01 «Химическая технология».

Председатель учебно-методической комиссии Чернова Н.М.