

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.
Технология серы и серной кислоты»

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. Технология серы и серной кислоты» 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. Технология серы и серной кислоты» 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. Технология серы и серной кислоты» 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. Технология серы и серной кислоты», 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

	ские решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	технических 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 подкрепление 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

Про- фесси- ональ- ное воспи- тание	формирование творческого мышления при- менительно к сфере химической технологии неор- ганических ве- ществ (В35)	1. Использование для формирования чув- ства личной ответственности в области 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 участия студентов в научно-практических меро- приятиях внутривузовского регионального и/или всероссийского уровня в сфере хи- мических технологи й.	1.Организация и про- ведение экскурсий, научно-практических конференций, фору- мов, круглых столов, вебинаров по вопросам профессиональной де- ятельности 2.Участие в студенче- ских олимпиадах и конкурсах научных проектов, творческих мероприятиях, кон- курсах профессио- нального мастерства, в том числе по стандар- там WorldSkills. 3.Участие в подготов- ке публикаций в пери- одических научных изданиях; 4.Участие в деятель- ности студенческого научного 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)					Аттеста- ция раз- дела (форма)	Макси- маль- ный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
7 семестр									
1	1, 2	Общие сведения о сере Способы получения серы	34	4	12	12	6	УО, ЛР 1, ЛР 2, ЛР 3, Зд 1, Зд 2, Зд 3, Кл 1	25
	3	Сера, выпускаемая в промыш- ленности и ее применение	18	4	-	-	14		
2	4	Общие сведения о серной кисло- те	30	4	4	14	8	ЛР 4, ЛР 5, ЛР 6, Зд 4, Зд 5, Зд 6, Кл 2	25
	5	Получение сернистого газа	26	4	-	6	16		
Вид промежуточной аттестации			108	16	16	32	44	Зачет	50
8 семестр									
1	6	Производство серной кислоты контактным способом из колче- дана	58	8	-	12	38	УО, Зд 1, Зд 2, Зд 3, Кл 1	25
2	7	Производство контактной сер- ной кислоты из серы и другого сырья	50	8	-	4	38	Зд 4, Зд 5, Зд 6, Кл 2	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
Кл	Коллоквиум

Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
7 семестр		
Общие сведения о сере Свойства серы Способы получения серы Общие сведения о способах получения серы Подземная выплавка серы перегретой водой Подземная газификация серы Получение серы из сульфидных руд. Термическая возгонка серы Получение элементарной серы методом Клауса	4	[1-3]
Сера, выпускаемая в промышленности и ее применение Виды выпускаемой серы Применение серы. Общие сведения о применении серы Применение серы в производстве серной кислоты	4	[1-3]
Общие сведения о серной кислоте Способы производства серной кислоты Строение и свойства серной кислоты Сырье для производства серной кислоты	4	[1-3]
Получение сернистого газа Физико-химические основы обжига серосодержащего сырья Печи для обжига колчедана Печи для сжигания серы	4	[1-3]
8 семестр		
Производство серной кислоты контактным способом из колчедана Очистка обжигового газа. Физико-химические основы процесса очистки обжигового газа Окисление сернистого газа в серный ангидрид. Физико-химические основы процесса окисления сернистого ангидрида Абсорбция серного ангидрида. Физико-химические основы процесса извлечения серного ангидрида из газовой смеси Абсорбционное отделение современного контактного завода Получение высококачественной серной кислоты	8	[1-3]
Производство контактной серной кислоты из серы и другого сырья Получение контактной серной кислоты из серы Получение контактной серной кислоты из различного сырья Технико-экономические вопросы сернокислотного производства	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 показателей процесса обогащения серосодержащего сырья	6	[10]
Расчет выхода серосодержащего сырья в процентном отношении	6	[11]

Расчет физико-химических показателей серной кислоты и олеума	4	[12]
Расчет теплового эффекта разбавления серной кислоты	4	[13]
Расчет производительности и интенсивности сернокислотного оборудования	6	[14]
Расчет показателей процесса получения сернистого газа	6	[15]
8 семестр		
Расчет сушильной башни	2	[16]
Расчет количества контактной массы в аппарате с промежуточным теплообменом	2	[17]
Расчет контактного аппарата с добавлением воздуха после слоев контактной массы	4	[18]
Материальный баланс сушильно-абсорбционного отделения	4	[19]
Расчет башни конденсатора	2	[20]
Расчет производительности газодувки (нагнетателя)	2	[21]

Перечень лабораторных работ

Тема лабораторных работ. Задания, вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Получение аллотропических модификаций серы	2	[4]
Свойства серы и ее соединений	2	[5]
Анализ сульфида натрия и сульфита натрия	4	[6]
Синтез тиосульфата натрия	4	[7]
Свойства оксида серы (IV)	2	[8]
Свойства серной кислоты	2	[9]

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
7 семестр		
Общие сведения о сере Содержание серы в земной коре Способы получения серы Получение серы восстановлением сернистого газа Метод Оркла Получение серы из сероводородсодержащих газов Сухая очистка газов Мокрая очистка газов	6	[1-3, 22-24]
Сера, выпускаемая в промышленности и ее применение Полимерная сера и способы ее получения Применение серы в шинной промышленности Изготовление композиционных материалов строительного назначения	14	[1-3, 22-24]
Общие сведения о серной кислоте Динамика развития сернокислотного производства История развития сернокислотного производства Общие сведения о сернистом и серном ангидридах	8	[1-3, 22-24]
Получение сернистого газа Печи для сжигания сероводорода Использование тепла обжигового газа	16	[1-3, 22-24]
8 семестр		
Производство серной кислоты контактным способом из колчедана Очистное отделение современного контактного производства Условия процесса окисления SO ₂ в SO ₃ на ванадиевом катализаторе	36	[1-3, 22-24]

Контактное отделение современного сернокислотного завода Получение 100%-ного и стабилизированного SO ₃ и концентрированного олеума Обезвреживание отходящих газов		
Производство контактной серной кислоты из серы и другого сырья Получение контактной серной кислоты из сероводорода методом мокрого катализа Перемещение газа и кислоты	36	[1-3, 22-24]

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 о сере Способы получения серы	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) Кл (устно)
	Сера, выпускаемая в промышленности и ее применение		
2	Общие сведения о серной кислоте	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) Кл (устно)
	Получение сернистого газа		
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	Производство серной кислоты контактным способом из колчедана	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Решение задач (письменно) Кл (устно)
2	Производство контактной серной кислоты из серы и другого сырья	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Решение задач (письменно) Кл (устно)
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)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Общие сведения о сере Способы получения серы	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает свойства серы, способы получения серы, технологическую схему получения серы методом Клауса, виды выпускаемой серы, применение серы Умеет пользоваться методикой исследования аллотропических модификаций серы, свойств серы, количественного определения сернистого натрия Владеет методикой расчета показателей процесса обогащения серосодержащего сырья, выхода серосодержащего сырья в процентном отношении
	Сера, выпускаемая в промышленности и ее применение		
2	Общие сведения о серной кислоте	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает свойства серной кислоты, ее строение, способы производства серной кислоты, сырье, используемое для производства серной кислоты, физико-химические основы обжига колчедана, печи для обжига колчедана и серы Умеет пользоваться методикой исследования свойств оксида серы (IV) и серной кислоты Владеет методикой расчета физико-химических показателей серной кислоты и олеума, теплового эффекта разбавления серной кислоты, производительности и интенсивности сернокислотного оборудования, показателей процесса получения сернистого газа
	Получение сернистого газа		
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	Производство серной кислоты контактным способом из колчедана	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает физико-химические основы процесса очистки обжигового газа, физико-химические основы процесса окисления сернистого ангидрида, физико-химические основы процесса извлечения серного ангидрида из газовой смеси Умеет пользоваться методикой расчета сушильной башни Владеет методикой расчета количества контактной массы в аппарате с промежуточным теплообменом
2	Производство контактной серной кислоты из серы и другого сырья	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает получение контактной серной кислоты из серы, технико-экономические показатели производства серной кислоты контактным способом Умеет пользоваться методикой расчета башни конденсатора Владеет методикой расчета контактного аппарата с добавлением воздуха после слоев контактной массы, производительности газодувки (нагнетателя)
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	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Коллоквиум - Кл
5	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
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	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Коллоквиум - Кл
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

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

7 семестр

Вопросы входного контроля (УО):

1. Электронное строение серы
2. Получение серы
3. Сероводород. Сульфиды
4. Диоксид серы
5. Сернистая кислота
6. Свойства разбавленной серной кислоты

7. Свойства концентрированной серной кислоты
8. Химическая технология и ее классификация
9. Принципы обогащения сырья
10. Сущность катализа. Виды каталитических процессов

Вопросы для отчета по лабораторной работе №1:

1. Как осуществить следующие превращения: $S \rightarrow H_2S \rightarrow (NH_4)_2S \rightarrow (NH_4)_2S_n \rightarrow H_2S_n \rightarrow H_2S \rightarrow S$.

2. Закончите уравнения реакций:

- а) $H_2S_2 + O_2 \rightarrow$
- б) $Na_2S_2 + SnS \rightarrow$
- в) $(NH_4)_2S_2 + H_2SO_4(\text{конц.}) \rightarrow$
- г) $(NH_4)_2S_3 + HNO_3(\text{конц.}) \rightarrow$
- д) $BaS_4 + O_3 + H_2O \rightarrow$

3. При взаимодействии избытка серы с сульфидом натрия в концентрированном водном растворе происходит явление «катенации» серы. Катенация - способность атомов химического элемента образовывать разветвленные и неразветвленные цепи. Составьте уравнение этой реакции. Приведите групповое название продуктов реакции.

4. Назовите следующие соединения: $Na_2[S_2]$, $K_2[S_6]$, $H_2[S_2]$, $H_2[S_4]$, $H_2[S_5]$, $(NH_4)_2[S_9]$.

5. Перечислите требования, предъявляемые к помещениям для хранения порошкообразной серы.

Вопросы для отчета по лабораторной работе №2:

1. Какие из сульфидов – Al_2S_3 , Cr_2S_3 , Na_2S , ZnS , PbS подвергаются гидролизу? Дать определение гидролизу. Почему не все сульфиды, в состав которых входят многозарядные катионы (т.е. соли слабых оснований), гидролизуются в растворе?

2. Какое количество электронов присоединится или отсоединится от азота в азотной кислоте при ее взаимодействии с серой по реакции:



3. Что такое реакция дисмутации?

4. При какой степени окисления серы ее соединения называются сульфидами?

5. Приведите пример реакции конпропорционирования. Какие вещества при этом образуются?

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 массу 100%-ной серной кислоты и воды, которые необходимо смешать для получения 45%-ной серной кислоты.
2. Определить общее содержание SO_3 в 50%-ной серной кислоте.
3. Определить концентрацию кислоты, в которой общее содержание SO_3 составляет 57,14%.
4. 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.
5. Определите массу огарка, удаляемого за час из печи КС производительностью 220 т колчедана в сутки. На обжиг поступает колчедан, содержащий 53% серы (в расчете на сухой), при условии, что сера выгорает полностью.
6. Определите теоретическую теплотворную способность (теплоту горения в кДж/кг) углистого колчедана, содержащего 51% серы и 6% углерода. Известно, что 1 кг чистого пирита при сгорании дает 7060 кДж/кг, а 1 кг углерода – 32700 кДж/кг.
7. Сколько FeS_2 содержится в природном колчедане, если по данным анализа серы в нем 42,5%?
8. При получении серной кислоты контактным способом на 1 т сжигаемого колчедана с содержанием 42,5% серы практически получается 1,2 т олеума, содержащего 20% «свободного» ангидрида SO_3 . Определить процент выхода серной кислоты.
9. Из 320 т колчедана FeS_2 , содержащего 42, 5% серы S, было получено 270 т сернистого газа SO_2 . Вычислить расходный коэффициент и выход SO_2 по сере.
10. В контактном аппарате в течение суток окисляется 170 т ангидрида SO_2 , степень окисления 98,7%. Определить производительность в кг/ч.

Вопросы к коллоквиуму №1

1. Содержание серы в земной коре
2. Свойства серы
3. Общие сведения о способах получения серы
4. Подземная выплавка серы перегретой водой
5. Подземная газификация серы
6. Получение серы из сульфидных руд. Термическая возгонка серы
7. Получение серы восстановлением сернистого газа
8. Метод Оркла
9. Получение серы из сероводородсодержащих газов
10. Сухая очистка газов
11. Мокрая очистка газов
12. Получение элементарной серы методом Клауса
13. Применение серы. Общие сведения о применении серы

Вопросы к коллоквиуму №2

1. Динамика развития сернокислотного производства
2. История развития сернокислотного производства
3. Способы производства серной кислоты
4. Строение и свойства серной кислоты
5. Общие сведения о сернистом и серном ангидридах
6. Сырье для производства серной кислоты
7. Физико-химические основы обжига серосодержащего сырья
8. Печи для обжига колчедана
9. Печи для сжигания серы
10. Печи для сжигания сероводорода
11. Использование тепла обжигового газа

Вопросы к зачету

1. Содержание серы в земной коре
2. Свойства серы
3. Общие сведения о способах получения серы
4. Подземная выплавка серы перегретой водой
5. Подземная газификация серы
6. Получение серы из сульфидных руд. Термическая возгонка серы
7. Получение серы восстановлением сернистого газа
8. Метод Оркла
9. Получение серы из сероводородсодержащих газов
10. Сухая очистка газов
11. Мокрая очистка газов
12. Получение элементарной серы методом Клауса
13. Виды выпускаемой серы
14. Полимерная сера и способы ее получения
15. Применение серы. Общие сведения о применении серы
16. Применение серы в производстве серной кислоты
17. Применение серы в шинной промышленности
18. Изготовление композиционных материалов строительного назначения
19. Динамика развития сернокислотного производства
20. История развития сернокислотного производства
21. Способы производства серной кислоты
22. Строение и свойства серной кислоты
23. Общие сведения о сернистом и серном ангидридах
24. Сырье для производства серной кислоты
25. Физико-химические основы обжига серосодержащего сырья
26. Печи для обжига колчедана
27. Печи для сжигания серы
28. Печи для сжигания сероводорода
29. Использование тепла обжигового газа

8 семестр

Вопросы входного контроля (УО):

1. Свойства серы
2. Способы получения серы
3. Виды выпускаемой серы
4. Применение серы в производстве серной кислоты
5. Способы производства серной кислоты
6. Строение и свойства серной кислоты
7. Общие сведения о сернистом ангидриде
8. Общие сведения о серном ангидриде
9. Сырье для производства серной кислоты
10. Печи для обжига колчедана

Задачи для выполнения практических занятий:

1. Составить материальный баланс полочной механической печи ВХЗ при сжигании колчедана производительностью 10 т/ч серной кислоты.
2. Определить основные показатели режимы работы промывных и увлажнительных башен для газа, получаемых в механических печах концентрацией серной кислоты 70%.
3. Определить основные показатели режимы работы сушильной башни для газа, получаемых в механических печах концентрацией серной кислоты, орошающей сушильную башню 95%.
4. Рассчитать степень очистки обжигового газа печей КС от пыли в электрофилт্রে типа ОГ-3-8 и содержание пыли в газе z_k после электрофилтра при содержании пыли в газе на входе в электрофилтр 20 г/м³.
5. Рассчитать количество контактной массы в контактном аппарате с промежуточным теплообменом производительностью 10 т/ч серной кислоты.
6. Составить материальный баланс сушильно-абсорбционного отделения производительностью 10 т/ч серной кислоты.

Вопросы к коллоквиуму №1

1. Технологическая схема производства контактной серной кислоты из колчедана
2. Очистка обжигового газа. Физико-химические основы процесса очистки
3. Образование и выделение тумана
4. Осушка тумана
5. Извлечение селена из обжигового газа

Вопросы к коллоквиуму №2

1. Физико-химические основы процесса окисления сернистого ангидрида на катализаторах
2. Контактное отделение современного сернокислотного завода
3. Оптимальные условия процесса окисления SO_2 в SO_3 на ванадиевом катализаторе
4. Абсорбция серного ангидрида
5. Получение контактной серной кислоты из серы:
6. Техничко-экономические вопросы сернокислотного производства

Вопросы к экзамену

1. Технологическая схема производства контактной серной кислоты из колчедана: стадии производства
2. Технологическая схема производства контактной серной кислоты из колчедана: краткая характеристика стадий с химическими реакциями
3. Технологическая схема производства контактной серной кислоты из колчедана: описание позиций с 1 по 7 (включительно)
4. Технологическая схема производства контактной серной кислоты из колчедана: описание позиций с 8 по 11 (включительно)
5. Технологическая схема производства контактной серной кислоты из колчедана: описание абсорбционного отделения (позиции 12, 13, 15, 16)
6. Технологическая схема производства контактной серной кислоты из колчедана: описание позиций, характеризующих процессы получения сортов серной кислоты
7. Очистка обжигового газа. Физико-химические основы процесса очистки
8. Образование и выделение тумана
9. Осушка тумана
10. Извлечение селена из обжигового газа
11. Физико-химические основы процесса окисления сернистого ангидрида на катализаторах
12. Контактное отделение современного сернокислотного завода: характеристика процесса
13. Контактное отделение современного сернокислотного завода: рисунок контактного аппарата с промежуточным охлаждением газа в теплообменниках, принцип аппарата
14. Контактное отделение современного сернокислотного завода: рисунок контактного аппарата с промежуточным охлаждением газа при добавлении холодного газа, принцип действия аппарата
15. Оптимальные условия процесса окисления SO_2 в SO_3 на ванадиевом катализаторе
16. Абсорбция серного ангидрида
17. Получение контактной серной кислоты из серы: описание позиций с 1 по 6 (включительно)
18. Получение контактной серной кислоты из серы: описание позиций с 7 по 12 (включительно)
19. Получение контактной серной кислоты из серы: описание позиций с 13 по 16 (включительно)
20. Техничко-экономические вопросы сернокислотного производства

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, коллоквиума (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 при-

	чинно-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. Технология серы и серной кислоты»:

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. Технология серы и серной кислоты»:

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	В
	75-84	С
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	
	60-64	Е
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. Зубова Н.Г. Материальный баланс сушильно-абсорбционного отделения / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

20. Зубова Н.Г. Расчет башни конденсатора / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

21. Зубова Н.Г. Расчет производительности газодувки (нагнетателя) / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

22. Журнал «Успехи в химии и химической технологии». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2381>

23. Журнал «Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ». - Режим доступа : <https://e.lanbook.com/journal/2484>

24. 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 тео-

ретических 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, явлениях 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 от-

ражены 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.