

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**

Заочная

### **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 технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	З-ПК-7 Знать технологии и системы экологического менеджмента при проведении испытаний с использованием 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
<b>В-18</b>	формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения	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
<b>В-21</b>	формирование способности и стремления	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального	1. Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через

	<p>следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения</p>	<p>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.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> </ul>	<p>участие студентов в проведении круглых столов и семинаров.</p> <p>Формирование вертикальных связей и формальных правил жизни при проведении студенческих конкурсов</p>
<b>В-35</b>	<p>формирование творческого мышления применительно к сфере химической технологии неорганических веществ</p>	<p>1. Использование для формирования чувства личной ответственности в области технологии водоподготовки и очистки сточных вод, технологии минеральных удобрений солей и щелочей / технологии основного неорганического синтеза, технологии катализаторов и адсорбентов / технологии реактивов и особо чистых веществ воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин: Технология водоподготовки и</p>	<p>1.Организация и проведение экскурсий, научно-практических конференций, форумов, круглых столов, вебинаров по вопросам профессиональной деятельности</p> <p>2.Участие в студенческих олимпиадах и конкурсах научных проектов, творческих мероприятиях, конкурсах профессионального мастерства, в том числе по стандартам WorldSkills.</p>

		<p>очистки сточных вод; Технология катализаторов и адсорбентов/Технология реактивов и особо чистых веществ; Технология минеральных удобрений, солей и щелочей/Технология основного неорганического синтеза.</p> <p>2. Развитие навыков творческого мышления путем содействия и поддержки участия студентов в научно-практических мероприятиях внутривузовского регионального и/или всероссийского уровня в сфере химических технологий.</p>	<p>3. Участие в подготовке публикаций в периодических научных изданиях; Участие в деятельности студенческого научного общества.</p>
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 9-ом и 10-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 раздела (форма)	Макси маль- ный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
9 семестр									
1	1, 2	Общие сведения катализаторов	24	2	2	-	20	УО ЛР КР	25
	3	Катализаторы и каталитические процессы	31	1	-	-	30		
2	4	Технология получения катализаторов	24	2	2	-	20	Лр Т	25
	5	Промышленные виды катализаторов	29	1	-	-	28		
Вид промежуточной аттестации			108	6	4	-	98	Зачет	50
10 семестр									
1	6	Технология калийных удобрений Технология комплексных удобрений	56	6	-	4	46	УО Зд КР	25
2	7	Технология солей Технология щелочей	52	4	-	2	46	Зд Т	25
Вид промежуточной аттестации			108	10	-	6	92	Экзамен	50

## Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<b>9 семестр</b>		
<b>Общие сведения катализаторов</b> Понятие катализа и катализаторов Сущность каталитического действия Области протекания каталитических реакций	2	[1-4]
<b>Катализаторы и каталитические процессы</b> Стадии катализа на твердых катализаторах Технические характеристики контактных масс	1	[1-4]
<b>Технология получения катализаторов</b> Основные требования, предъявляемые к промышленным катализаторам Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки Катализаторы, получаемые механическим смешением компонентов Плавные и скелетные контактные массы Катализаторы на основе цеолитов Распылительные сушилки	2	[1-4]
<b>Промышленные виды катализаторов</b> Разновидности промышленных контактных масс Осажденные контактные массы Производство катализатора конверсии оксида углерода	1	[1-4]
<b>10 семестр</b>		
<b>Технология солей</b> Производство кальцинированной соды Сырье для производства соды Получение извести и диоксида углерода Приготовление известкового молока Карбонизация аммонизированного рассола Кальцинация гидрокарбоната натрия	6	[1-4]
<b>Технология щелочей</b> Производство каустической соды Технико-экономические вопросы производства щелочей	4	[1-4]

## Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
Технологические расчеты в производстве простого суперфосфата	4	[11]
Технологические расчеты в производстве двойного суперфосфата	2	[12]

## 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	[6]
Каталитическая активность контактных масс	2	[10]

## Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения(задания)	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3

9 семестр		
<b>Общие сведения катализаторов</b> Понятие катализа и катализаторов Сущность каталитического действия Области протекания каталитических реакций	20	[1-26]
<b>Катализаторы и каталитические процессы</b> Сущность каталитического действия Области протекания каталитических реакций	30	[1-26]
<b>Технология получения катализаторов</b> Основные этапы производства контактных масс. Общие сведения о производстве катализаторов. Формовка катализатора. Механохимические реакции. Механизмы каталитических процессов. Виды отравления катализаторов. Селективность катализаторов.	20	[1-26]
<b>Промышленные виды катализаторов</b> Разновидности промышленных контактных масс Осажденные контактные массы Производство катализатора конверсии оксида углерода	28	[1-26]
10 семестр		
<b>Технология солей</b> Физико-химические свойства кальцинированной соды Предварительная очистка сырого рассола Аммонизация очищенного рассола Технологическая схема процесса кальцинации	46	[1-26]
<b>Технология щелочей</b> Известковый способ получения каустической соды Концентрирование слабых щелоков. Отделение выпарки	46	[1-26]

### 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 имеются 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
9 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль	3-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	Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Общие сведения катализаторов	3-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	Отчет по лабораторной работе (письменно)
	Катализаторы и каталитические процессы		Решение задач (письменно) Тест (письменно)
2	Технология получения катализаторов	В-ПК-2 Владеть навыками разработки предложения по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства 3-ПК-7 Знать технологии и системы экологического менеджмента при проведении испытаний с использованием 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	Отчет по лабораторной работе (письменно)
	Промышленные виды катализаторов		Решение задач (письменно) Тест (письменно)

		применения для подготовки проекта плана мероприятий по использованию сырья в дополнительных производственных целях	
Промежуточная аттестация			
1	<b>Зачет</b>	ПК-2, ПК-7	Тест (письменно)
10 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль	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	Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Технология калийных удобрений Технология комплексных удобрений	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	Решение задач (письменно) Тест (письменно)
2	Технология солей Технология щелочей	В-ПК-2 Владеть навыками разработки предложения по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства З-ПК-7 Знать технологии и системы экологического менеджмента при проведении испытаний с использованием 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	Решение задач (письменно) Тест (письменно) Устный опрос
Промежуточная аттестация			
1	<b>Экзамен</b>	ПК-2, ПК-7	Тест (письменно)

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
9 семестр			

Входной контроль			
1	Входной контроль	3-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	Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для составления материальных балансов
1	Общие сведения катализаторов	3-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	Знает понятие катализа и катализаторов, сущность каталитического действия,
	Катализаторы и каталитические процессы		Владеет методикой исследования влияния катализаторов на скорость химической реакции  Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для определения энергии активации контактных масс
2	Технология получения катализаторов	3-ПК-7 Знать технологии и системы экологического менеджмента при проведении испытаний с использованием 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	Знает сущность каталитического действия, стадии катализа
	Промышленные виды катализаторов		Владеет методикой исследования каталитической активности контактных масс  Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для параметров катализаторов и реакторов
Промежуточная аттестация			
	Зачет	ПК-2, ПК-7	Демонстрирует основные знания и умения в соответствии с разделами 1, 2.
10 семестр			
Входной контроль			

1	Входной контроль	<p>З-ПК-2 Знать свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе для соблюдения технологического регламента</p> <p>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</p>	Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для составления материальных балансов
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Технология калийных удобрений Технология комплексных удобрений	<p>З-ПК-2 Знать свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе для соблюдения технологического регламента</p> <p>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</p> <p>В-ПК-2 Владеть навыками разработки предложения по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства</p>	<p>Знает технологию получения калийных удобрений, комплексных удобрений</p> <p>Владеет методикой расчета производства аммофоса</p> <p>Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для составления материальных балансов в производстве комплексных удобрений</p>
2	Технология солей Технология щелочей	<p>З-ПК-7 Знать технологии и системы экологического менеджмента при проведении испытаний с использованием технических средств</p> <p>У-ПК-7 Уметь выполнять работы по сбору и накоплению данных при разработке технологических процессов</p> <p>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</p>	<p>Знает технологию получения кальцинированной соды и каустической соды</p> <p>Владеет методикой расчета производства каустической соды</p> <p>Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для составления материальных балансов в производстве каустической соды</p>
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
9 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	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Контрольная работа - КР
5	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тесты - Т
10 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	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для	Контрольная работа - КР

		решения задач определенного типа по теме или разделу	
4	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тесты - Т

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

## 9 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  $\text{SO}_2$  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  $\text{SO}_2$ . Каковы кислотно-основные свойства этого

соединения? В обосновании ответа приведите уравнения соответствующих реакций.

4. Охарактеризуйте промышленный способ получения  $\text{SO}_2$ .

5. Где применяется  $\text{SO}_2$  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  $\text{Na}_2\text{S}$ . Какими окислительными или восстановительными свойствами обладает это соединение? В обосновании ответа приведите уравнения соответствующих реакций.

4. Охарактеризуйте в краткой форме промышленный способ восстановления  $\text{Na}_2\text{S}$  углем.

5. Где применяется  $\text{Na}_2\text{S}$ ?

#### **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  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

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 общее содержание  $\text{SO}_3$  в 50%-ной серной кислоте.

2. Определить концентрацию кислоты, в которой общее содержание  $\text{SO}_3$  составляет 57,14%.

3. Определить массу 100%-ной серной кислоты и воды, которые необходимо смешать для получения 45%-ной серной кислоты.

4. Определить массу 20%-ного олеума, которую следует смешать с 10%-ной серной кислотой для получения 98%-ной кислоты.

5. Определить количество тепла, выделяющегося при разбавлении 90%-ной серной кислоты до концентрации 50%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при 20°C.

Задания **контрольной работы (КР)** выполняются индивидуально по вариантам, соответствующим последней цифре шифра студента. Варианты контрольных заданий:

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

1. Понятие катализа и катализаторов. Контактные массы
2. Сущность каталитического действия
3. Стадии катализа на твердых катализаторах
4. Области протекания каталитических реакций
5. Технические характеристики контактных масс: каталитическая активность, селективность
6. Технические характеристики контактных масс: устойчивость катализаторов к отравлению
7. Технические характеристики контактных масс: устойчивость катализаторов к перегревам
8. Технические характеристики контактных масс: температура зажигания
9. Технические характеристики контактных масс: гидравлическое сопротивление
10. Технические характеристики контактных масс: механическая прочность
11. Технические характеристики контактных масс: продолжительность работы, стоимость катализатора
12. Основные этапы производства контактных масс. Разновидности промышленных катализаторов
13. Осажденные контактные массы
14. Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки
15. Методы пропитки
16. Катализаторы, получаемые механическим смешением
17. Плавленные и скелетные контактные массы
18. Условия проведения процесса плавления
19. Катализаторы на основе цеолитов
20. Производство катализаторов конверсии оксида углерода
21. Распылительные сушилки
22. Общие сведения об адсорбционных процессах
23. Физическая адсорбция
24. Параметры пористой структуры
25. Классификация пор по размерам
26. Основные промышленные адсорбенты
27. Активные угли
28. Силикагели
29. Цеолиты
30. Глинистые породы
31. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$  мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м,

высота слоя  $H=1,5$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/м<sup>3</sup>; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500$  кг/м<sup>3</sup>. На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )

32. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$  мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя  $H=2,0$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/м<sup>3</sup>; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500$  кг/м<sup>3</sup>. На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )?

33. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$  мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя  $H=2,5$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/м<sup>3</sup>; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500$  кг/м<sup>3</sup>. На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )?

34. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$  мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя  $H=3,0$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/м<sup>3</sup>; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500$  кг/м<sup>3</sup>. На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )?

35. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$  мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя  $H=3,5$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/м<sup>3</sup>; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500$  кг/м<sup>3</sup>. На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )?

36. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$  мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя  $H=4,0$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/м<sup>3</sup>; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500$  кг/м<sup>3</sup>. На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )?

37. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$  мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя  $H=4,5$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/м<sup>3</sup>; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500$  кг/м<sup>3</sup>. На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )?

38. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$

мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя  $H=5,0$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/м<sup>3</sup>; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500$  кг/м<sup>3</sup>. На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )?

39. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$  мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя  $H=5,5$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/м<sup>3</sup>; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500$  кг/м<sup>3</sup>. На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )?

40. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$  мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя  $H=6,0$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/м<sup>3</sup>; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500$  кг/м<sup>3</sup>. На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )?

### Тестовые задания:

#### Вариант №1

1. Энергия активации - это

- а) разность энергий исходных реагирующих молекул и активного комплекса;
- б) сумма энергий активного комплекса и исходных реагирующих молекул;
- в) разность энергий активного комплекса и исходных реагирующих молекул;
- г) разность скоростей активного комплекса и исходных реагирующих молекул.

#### Вариант №2

1. Как называется способ формовки катализаторов, при котором получают сферические гранулы от 2 до 20 мм из порошкообразных материалов при добавлении жидкого связующего?

- а) экструзией;
- б) таблетированием;
- в) вмазыванием;
- г) гранулированием на тарельчатом грануляторе.

#### Вариант №1

2. Сорбционные нанесенные катализаторы – это катализаторы, в которых

- а) исходное соединение активного компонента вносят в растворенном состоянии в поры носителя;
- б) исходное соединение носителя вносят в растворенном состоянии в поры активного компонента;
- в) не наблюдается взаимодействие между носителем и исходным веществом, адсорбирующимся на поверхности;

г) наблюдается взаимодействие между носителем и исходным веществом, адсорбирующимся на поверхности.

#### Вариант №2

2. Первой стадией катализа на твердых катализаторах является

- а) диффузия продукта катализа в порах зерна катализатора;
- б) внутренняя диффузия реагирующих веществ в порах зерна катализатора;
- в) диффузия продукта катализа от поверхности зерна катализатора;
- г) внешняя диффузия реагирующих веществ из ядра потока к поверхности зерен катализатора.

#### Вариант №1

3. Твердое тело, используемое в качестве средства очистки (разделения), называют

- а) адсорбентом;
- б) адсорбтивом;
- в) катализатором;
- г) разделителем.

#### Вариант №2

3. Какая технологическая стадия получения катализаторов механическим смешением компонентов применяется для повышения прочности и окончательного формирования структуры гранулы катализатора?

- а) измельчение;
- б) смешение с увлажненной шихтой;
- в) формование;
- г) термическая обработка катализаторов.

#### Вариант №1

4. Стадия получения осажденных контактных масс, при которой твердая фаза переходит в жидкую, называется

- а) растворением;
- б) осаждением;
- в) фильтрованием;
- г) сушкой.

#### Вариант №2

4. Масса адсорбента в единице объема зернистого слоя, называется

- а) насыпной плотностью;
- б) порозностью;
- в) эквивалентным диаметром прохода;
- г) удельной плотностью.

#### Вариант №1

5. Что располагается в вершинах кубооктаэдров цеолита?

- а) натрий;
- б) калий;
- в) кремний или алюминий;

г) вода.

#### Вариант №2

5. Пропиточные нанесенные катализаторы – это катализаторы, в которых

- а) исходное соединение активного компонента вносят в растворенном состоянии в поры носителя;
- б) исходное соединение носителя вносят в растворенном состоянии в поры активного компонента;
- в) не наблюдается взаимодействие между носителем и исходным веществом, адсорбирующимся на поверхности;
- г) наблюдается взаимодействие между носителем и исходным веществом, адсорбирующимся на поверхности.

#### Вариант №1

6. Процессы, протекающие в жидкой фазе с участием катализатора в коллоидном состоянии, называются

- а) гомогенными каталитическими процессами;
- б) гетерогенными каталитическими процессами;
- в) микрогетерогенными каталитическими процессами;
- г) ферментативными каталитическими процессами.

#### Вариант №2

6. Вещество, подлежащее удалению для достижения эффекта очистки (разделения), называют

- а) адсорбентом;
- б) адсорбтивом;
- в) катализатором;
- г) разделителем.

#### Вариант №1

7. На какой технологической стадии получения катализаторов механическим смешением компонентов вводят различные технологические добавки?

- а) на стадии измельчения;
- б) на стадии смешения с увлажненной шихтой;
- в) на стадии формования;
- г) на стадии термической обработки катализатора.

#### Вариант №2

7. По какому механизму образуются гранулы в процессе синтеза силикагелей?

- а) по механизму полимеризации;
- б) по полимераналогичному превращению;
- в) по внутриглобулярному превращению;
- г) по механизму поликонденсации.

#### Вариант №1

8. В каком аппарате производства катализатора конверсии оксида углерода гидроксид железа отстаивают в течение 2 часов?

- а) в декантаторе;
- б) в ректоре для осаждения;
- в) в распылительной сушилке;
- г) в бункере.

#### Вариант №2

8. Материал, на который наносят катализатор с целью увеличения его поверхности, придания массе пористой структуры, повышения ее механической прочности, называется

- а) активатором;
- б) промотором;
- в) трегером;
- г) поверхностно-активным веществом.

#### Вариант №1

9. Селективность (избирательность) катализатора - это

- а) его способность избирательно ускорять одну из побочных реакций;
- б) его способность избирательно увеличивать время на целевую реакцию при наличии нескольких побочных;
- в) его способность избирательно ускорять целевую реакцию при наличии нескольких побочных;
- г) его способность избирательно увеличивать время на побочную реакцию.

#### Вариант №2

9. На какой позиции распылительной сушилки происходит отделение твердых частиц от газа?

- а) в сушильной камере 4;
- б) в вентиляторе для возврата твердых частиц 7;
- в) в разгрузочном штуцере 10;
- г) в циклоне 8.

#### Вариант №1

10. Линейная характеристика свободного объема адсорбента, зависящая от диаметра образующих его гранул, называется

- а) насыпной плотностью;
- б) порозностью;
- в) эквивалентным диаметром прохода;
- г) высотой пор.

#### Вариант №2

10. Процессы, в которых реагирующие вещества и катализатор составляют одну фазу, называются

- а) гомогенными каталитическими процессами;
- б) гетерогенными каталитическими процессами;
- в) микрогетерогенными каталитическими процессами;
- г) ферментативными каталитическими процессами.

Вариант №1

11. Что означает величина  $C_{\text{п}}$  в уравнении:  $I = V_{\text{к}} C_{\text{п}} \rho_{\text{п}}$ ,

- а) объемную долю основного исходного вещества (на входе в слой катализатора);
- б) объемную долю продукта (на выходе из слоя катализатора);
- в) степень превращения основного исходного вещества;
- г) конечную (на выходе из слоя катализатора) объемную скорость газа.

Вариант №2

11. Стадия получения осажденных контактных масс, при которой твердая фаза образуется в результате химической реакции при сливании растворов исходных компонентов, называется

- а) растворением;
- б) осаждением;
- в) фильтрованием;
- г) сушкой.

Вариант №1

12. Первой стадией получения пропиточных катализаторов является

- а) удаление избытка раствора;
- б) эвакуация газа из пор носителя;
- в) обработка носителя раствором;
- г) сушка и прокаливание.

Вариант №2

12. Что образуется на второй стадии синтеза угля?

- а) адсорбент монолитной структуры;
- б) активированный адсорбент;
- в) адсорбент пористой структуры.

Вариант №1

13. В каком виде получают катализатор никель Ренея?

- а) в виде мелкодисперсного порошка;
- б) в виде кусочков сплавов;
- в) в виде сетки;
- г) в виде спиралей.

Вариант №2

13. Что означает величина  $C_{\text{и}}$  в уравнении:  $I = V_{\text{н}} C_{\text{и}} \times C_{\text{п}} \beta_{\text{в}}$ ,

- а) объемную долю основного исходного вещества (на входе в слой катализатора);
- б) объемную долю продукта (на выходе из слоя катализатора);
- в) степень превращения основного исходного вещества;
- г) конечную (на выходе из слоя катализатора) объемную скорость газа.

Вариант №1

14. Что образуется на первой стадии синтеза угля?

- а) адсорбент монолитной структуры;
- б) активированный адсорбент;

в) адсорбент пористой структуры.

Вариант №2

14. Последней стадией получения пропиточных катализаторов является

- а) удаление избытка раствора;
- б) эвакуация газа из пор носителя;
- в) обработка носителя раствором;
- г) сушка и прокаливание.

Вариант №1

15. Вещество, вводимое в контактную массу для повышения активности катализатора и увеличения срока его действия

- а) трегером;
- б) промотором;
- в) носителем;
- г) поверхностно-активным веществом.

Вариант №2

15. В каком виде получают катализатор Бага?

- а) в виде мелкодисперсного порошка;
- б) в виде кусочков сплавов;
- в) в виде сетки;
- г) в виде спиралей.

**9 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. Провести расчет материального баланса аммиачной селитры
2. Провести расчет материального баланса карбамида
3. Провести расчет материального баланса сульфата аммония
4. Провести расчет материального баланса простого суперфосфата
5. Провести расчет материального баланса двойного суперфосфата
6. Провести расчет материального баланса экстракционной фосфорной кислоты
7. Провести расчет материального баланса аммофоса

## 8.Провести расчет материального баланса диаммонитрофоски

Задания **контрольной работы (КР)** выполняются индивидуально по вариантам, соответствующим последней цифре шифра студента (табл. 1). Варианты контрольных заданий:

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

- 1.Очистка обжигового газа из колчедана: образование и выделение тумана
- 2.Очистка обжигового газа из колчедана: осушка газа
- 3.Очистка обжигового газа из колчедана: образование тумана в сушильной башне
- 4.Очистка обжигового газа из колчедана без образования тумана
- 5.Схема очистки обжигового газа из колчедана отделения контактного завода
- 6.Аппаратура очистного отделения обжигового газа из колчедана контактного завода
- 7.Технологический режим очистки обжигового газа из колчедана
- 8.Извлечение селена из обжигового газа из колчедана
- 9.Физико-химические основы процесса окисления сернистого ангидрида на катализаторах
- 10.Ванадиевая контактная масса
- 11.Условия процесса окисления  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  на ванадиевом катализаторе
- 12.Окисление  $\text{SO}_2$  на катализаторе в кипящем слое
- 13.Контактные аппараты
- 14.Теплообменная аппаратура
- 15.Технологический режим контактирования
- 16.Абсорбция  $\text{SO}_3$  серной кислотой
- 17.Баланс воды в контактной системе и выход олеума
- 18.Конденсация серной кислоты в процессе абсорбции
- 19.Аппаратура абсорбционного отделения
- 20.Технологический режим абсорбции
- 21.Технологическая схема получения серной кислоты из колчедана и ее описание
- 22.Технологическая схема одинарного контактирования производства серной кислоты и ее описание
- 23.Технологическая схема двойного контактирования производства серной кислоты и ее описание
- 24.Технологическая схема тройного контактирования производства серной кислоты и ее описание
- 25.Сравнительный анализ получения серной кислоты из колчедана и элементарной серы. Достоинства и недостатки методов

26. Производство серной кислоты из отходящих газов металлургических производств  
27. Производство серной кислоты из сероводорода  
28. Обезвреживание отходящих газов в производстве серной кислоты  
29. Получение высококачественной серной кислоты  
30. Использование отработанной серной кислоты

31. При окислении двуокиси серы в триокись в производстве серной кислоты по контактному способу в контактный аппарата поступает сернистый газ состава в % (об.):  $\text{SO}_2 - 12$ ;  $\text{O}_2 - 9$ ;  $\text{N}_2 - 79$ . Процесс окисления осуществляется при  $P = 1,1 \cdot 10^5$  Па. Степень окисления составляет 65%. Рассчитать состав окисленного газа и величину равновесия.

32. При окислении двуокиси серы в триокись в производстве серной кислоты по контактному способу в контактный аппарата поступает сернистый газ состава в % (об.):  $\text{SO}_2 - 13$ ;  $\text{O}_2 - 8$ ;  $\text{N}_2 - 79$ . Процесс окисления осуществляется при  $P = 1,3 \cdot 10^5$  Па. Степень окисления составляет 66%. Рассчитать состав окисленного газа и величину равновесия.

33. При окислении двуокиси серы в триокись в производстве серной кислоты по контактному способу в контактный аппарата поступает сернистый газ состава в % (об.):  $\text{SO}_2 - 14$ ;  $\text{O}_2 - 6$ ;  $\text{N}_2 - 79$ . Процесс окисления осуществляется при  $P = 1,4 \cdot 10^5$  Па. Степень окисления составляет 67%. Рассчитать состав окисленного газа и величину равновесия.

34. При окислении двуокиси серы в триокись в производстве серной кислоты по контактному способу в контактный аппарата поступает сернистый газ состава в % (об.):  $\text{SO}_2 - 12$ ;  $\text{O}_2 - 9$ ;  $\text{N}_2 - 79$ . Процесс окисления осуществляется при  $P = 1,5 \cdot 10^5$  Па. Степень окисления составляет 68%. Рассчитать состав окисленного газа и величину равновесия.

35. При окислении двуокиси серы в триокись в производстве серной кислоты по контактному способу в контактный аппарата поступает сернистый газ состава в % (об.):  $\text{SO}_2 - 13$ ;  $\text{O}_2 - 8$ ;  $\text{N}_2 - 79$ . Процесс окисления осуществляется при  $P = 1,4 \cdot 10^5$  Па. Степень окисления составляет 69%. Рассчитать состав окисленного газа и величину равновесия.

36. При окислении двуокиси серы в триокись в производстве серной кислоты по контактному способу в контактный аппарата поступает сернистый газ состава в % (об.):  $\text{SO}_2 - 14$ ;  $\text{O}_2 - 6$ ;  $\text{N}_2 - 79$ . Процесс окисления осуществляется при  $P = 1,3 \cdot 10^5$  Па. Степень окисления составляет 71%. Рассчитать состав окисленного газа и величину равновесия.

37. При окислении двуокиси серы в триокись в производстве серной кислоты по контактному способу в контактный аппарата поступает сернистый газ состава в % (об.):  $\text{SO}_2 - 12$ ;  $\text{O}_2 - 9$ ;  $\text{N}_2 - 79$ . Процесс окисления осуществляется при  $P = 1,1 \cdot 10^5$  Па. Степень окисления составляет 72%. Рассчитать состав окисленного газа и величину равновесия.

38. При окислении двуокиси серы в триокись в производстве серной кислоты по контактному способу в контактный аппарата поступает сернистый газ состава в % (об.):  $\text{SO}_2 - 13$ ;  $\text{O}_2 - 8$ ;  $\text{N}_2 - 79$ . Процесс окисления осуществляется при  $P = 1,3 \cdot 10^5$  Па. Степень окисления составляет 73%. Рассчитать состав окисленного газа и величину

равновесия.

39. При окислении двуокиси серы в трехокись в производстве серной кислоты по контактному способу в контактный аппарата поступает сернистый газ состава в % (об.):  $\text{SO}_2$  – 14;  $\text{O}_2$  – 6;  $\text{N}_2$  – 79. Процесс окисления осуществляется при  $P=1,4 \cdot 10^5$  Па. Степень окисления составляет 74%. Рассчитать состав окисленного газа и величину равновесия.

40. При окислении двуокиси серы в трехокись в производстве серной кислоты по контактному способу в контактный аппарата поступает сернистый газ состава в % (об.):  $\text{SO}_2$  – 12;  $\text{O}_2$  – 9;  $\text{N}_2$  – 79. Процесс окисления осуществляется при  $P=1,5 \cdot 10^5$  Па. Степень окисления составляет 75%. Рассчитать состав окисленного газа и величину равновесия.

### Тестовые задания:

#### Вариант №1

1. При взаимодействии каких веществ образуется сульфат аммония?

- а)  $2\text{NH}_3$  (газ) +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (ж);
- б)  $\text{NH}_3$  (газ) +  $\text{NH}_4\text{OH}$  (г);
- в)  $\text{NH}_3$  (газ) +  $\text{CO}_2$  (г);
- г)  $2\text{NH}_4\text{OH}$  (газ) +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (ж).

#### Вариант №2

1. Как называется способ получения экстракционной фосфорной кислоты, в результате которого сульфат кальция осаждается в виде  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ?

- а) полугидратный;
- б) ангидритный;
- в) дигидратный.

#### Вариант №1

2. При получении простого суперфосфата на первой стадии сколько процентов апатита реагирует с серной кислотой?

- а) 30;
- б) 70;
- в) 100;
- г) 10.

#### Вариант №2

2. Простые (односторонние) фосфорные удобрения и кормовые фосфаты представляют собой

- а) калиевые соли фосфорной кислоты;
- б) натриевые соли фосфорной кислоты;
- в) кальциевые соли фосфорной кислоты;
- г) кальциевые соли фтороводородной кислоты.

#### Вариант №1

3. Какая концентрация серной кислоты поддерживается в нижней части скруббера 4 при производстве сульфата аммония из коксового газа бессатураторным методом?

- а) 10-12%;
- б) 5-6%;
- в) 3-4%;
- г) 1-2%.

Вариант №2

3. Какой(ие) продукт(ы) образует(ся) на второй стадии синтеза карбамида?

- а) карбонат аммония;
- б) карбамид и вода;
- в) гидроксид аммония;
- г) карбонат аммония и вода.

Вариант №1

4. Стадии технологического процесса – крупное дробление руды, сушка, мелкое (среднее) дробление, тонкое измельчение, сортировка частиц по размеру – относятся к технологии получения

- а) простого суперфосфата;
- б) фосфоритной муки;
- в) двойного суперфосфата;
- г) фосфорной кислоты.

Вариант №2

4. Заключительной стадией в производстве жидких удобрений КАС является:

- а) нейтрализация азотной кислоты аммиаком с получением растворов аммонийной селитры;
- б) выпарка растворов  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  до концентрации 70–80%;
- в) выпарка растворов карбамида до концентрации 75–80%;
- г) смешение концентрированных растворов аммонийной селитры и карбамида.

Вариант №1

5. К простым фосфорным удобрениям относятся:

- а) аммофос, простой и двойной суперфосфаты;
- б) фосфоритная мука, сульфоаммофос;
- в) аммиачная селитра, простой и двойной суперфосфаты;
- г) фосфоритная мука, простой и двойной суперфосфаты.

Вариант №2

5. Формула сульфата аммония -

- а)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;
- б)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ;
- в)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;
- г)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot n\text{NH}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ .

Вариант №1

6. В технологии получения простого суперфосфата чем дозируется апатитовый концентрат в шнековый смеситель?

- а) щелевым расходомером;
- б) весовым дозатором;
- в) объемным дозатором;
- г) ленточным транспортером.

Вариант №2

6. Удобрения, содержащие в своем составе соединения бора, меди, молибдена, цинка, кобальта и марганца в небольшом количестве, называются

- а) микроудобрениями;
- б) макроудобрениями;
- в) солесодержащими удобрениями;
- г) металлсодержащими удобрениями.

Вариант №1

7. Какой(ие) продукт(ы) образует(ся) на первой стадии синтеза карбамида?

- а) карбонат аммония;
- б) карбамид;
- в) гидроксид аммония;
- г) карбонат аммония и вода.

Вариант №2

7. Стадии технологического процесса – смешение измельченного фосфата с серной кислотой, затвердевание суперфосфатной пульпы в камерах, созревание суперфосфата на складе, нейтрализация и гранулирование – относятся к технологии получения

- а) простого суперфосфата;
- б) фосфоритной муки;
- в) двойного суперфосфата;
- г) фосфорной кислоты.

Вариант №1

8. Какое количество  $NH_4H_2PO_4$  содержится в аммофосе?

- а) 10 %;
- б) 50 %;
- в) 100 %;
- г) 90 %.

Вариант №2

8. Какой элемент в количестве 1,6% входит в состав растений и важную роль в дыхании и размножении растений?

- а) сера;
- б) калий;
- в) фосфор;
- г) азот.

Вариант №1

9. Что поглощают листья растений?

- а) влагу;
- б) водород из воздуха;
- в) диоксид углерода из воздуха;
- г) водород из влаги.

Вариант №2

9. Какая соль фосфорной кислоты используется для умягчения воды?

- а) фосфат кальция;
- б) фосфат аммония;
- в) фосфат натрия;
- г) фосфат калия.

Вариант №1

10. Как называется способ получения экстракционной фосфорной кислоты, в результате которого сульфат кальция осаждается в виде  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ?

- а) полугидратный;
- б) ангидритный;
- в) дигидратный.

Вариант №2

10. В технологии получения простого суперфосфата какая температура топочных газов поддерживается в барабанной сушилке на входе?

- а) 110-120°C;
- б) 60-65°C;
- в) 200-220°C;
- г) 600-650°C.

Вариант №1

11. Какая соль фосфорной кислоты используется для производства удобрений, противопожарных средств, кормовых средств и культивирования дрожжей?

- а) фосфат кальция;
- б) фосфат аммония;
- в) фосфат натрия;
- г) фосфат калия.

Вариант №2

11. При получении фосфоритной муки в каком аппарате происходит тонкое измельчение фосфорита?

- а) в шаровой мельнице;
- б) в молотковой дробилке;
- в) в воздушном сепараторе;
- г) в сушильном барабане.

Вариант №1

12. Формула аммиачной селитры -

- а)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;

- б)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ;
- в)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;
- г)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot n\text{NH}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ .

Вариант №2

12. Какое количество  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  содержится в аммофосе?

- а) 10 %;
- б) 50 %;
- в) 100 %;
- г) 90 %.

Вариант №1

13. Формула лангбейнита

- а)  $\text{KCl}$ ;
- б)  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;
- в)  $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ;
- г)  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ .

Вариант №2

13. Какая концентрация серной кислоты поддерживается в верхней части скруббера 4 при производстве сульфата аммония из коксового газа бессатураторным методом?

- а) 10-12%;
- б) 5-6%;
- в) 3-4%;
- г) 1-2%.

Вариант №1

14. Удобрения, у которых фосфорные соединения растворяются в 2%-ом растворе лимонной кислоты, называются

- а) лимоннорастворимыми;
- б) цитратнорастворимыми;
- в) малорастворимыми;
- г) водорастворимыми.

Вариант №2

14. Формула шенита

- а)  $\text{KCl}$ ;
- б)  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;
- в)  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;
- г)  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ .

Вариант №1

15. Какой элемент в количестве 15,5-18% входит в состав белков, которые в свою очередь являются основой живой ткани?

- а) фосфор;
- б) калий;
- в) сера;

г) азот.

## Вариант №2

15. Удобрения, у которых соединения фосфора растворимы в аммиачном растворе лимоннокислого аммония, называются

- а) лимоннорастворимыми;
- б) цитратнорастворимыми;
- в) малорастворимыми;
- г) водорастворимыми.

### 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, теста, контрольной работы (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»:

<b>Баллы</b> (итоговой рейтинговой оценки)	<b>Освоение компетенций</b>	<b>Требования к знаниям</b>
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
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	
2 – «неудовлетворительно»	Менее 60	F

### **Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. Козадерова О.А., Нифталиев С.И. Технология минеральных удобрений: учебное пособие. - Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 183 с. — Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785000320709.html>

2. 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>

3. 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:**

4. 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>

5. Зубова Н.Г. Получение аллотропических модификаций серы / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

6. Зубова Н.Г. Свойства серы и ее соединений / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

7. Зубова Н.Г. Свойства оксида серы (IV) / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

8. Зубова Н.Г. Количественное определение сернистого натрия/ Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

9. Зубова Н.Г. Синтез тиосульфата натрия / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

10. Зубова Н.Г. Свойства серной кислоты / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

11. Зубова Н.Г. Расчет показателей процесса обогащения серосодержащего сырья / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

12. Зубова Н.Г. Расчет выхода серосодержащего сырья в процентном отношении / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

13. Зубова Н.Г. Расчет физико-химических показателей серной кислоты и олеума / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

14. Зубова Н.Г. Расчет теплового эффекта разбавления серной кислоты / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

15. Зубова Н.Г. Расчет производительности и интенсивности серноокислительного оборудования / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

16. Зубова Н.Г. Расчет показателей процесса получения сернистого газа / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

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

18. Зубова Н.Г. Расчет количества контактной массы в аппарате с промежуточным теплообменом / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

19. Зубова Н.Г. Расчет контактного аппарата с добавлением воздуха после слоев контактной массы / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

20. Зубова Н.Г. Материальный баланс сушильно-абсорбционного отделения / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

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

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

23. Мухленов И.П. Расчеты химико-технологических процессов: учебник / И.П. Мухленов. - М. : Альянс, 2018.-248 с.

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

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

26. 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**

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в этих же аудиториях с посещением лабораторий, оснащенных стандартными комплектами отечественных и зарубежных приборов и установок. Мультимедийный курс лекций, видеофильмы, макеты и плакаты.

### **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, 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 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

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.