

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 «Технология реактивов и особо чистых веществ»

**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 «Технология реактивов и особо чистых веществ» формируют технологическое мировоззрение бакалавров для их производственно-технологической и проектно-конструкторской профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины: изучение общих закономерностей химического катализа и адсорбции, сущности катализа, основных технических характеристик контактных масс, технологии производства катализаторов, видов промышленных адсорбентов и их свойств. Бакалавр по дисциплине «Технология реактивов и особо чистых веществ» 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 «Технология реактивов и особо чистых веществ» входит в базовую часть образовательной программы и связана с необходимостью знаний основ общей и неорганической химии, аналитической химии и физико-химических методов анализа, неорганической химии, 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 «Технология реактивов и особо чистых веществ», должны быть использованы в процессе изучения последующих дисциплин: «Общая и неорганическая химия», «Теоретические основы технологии неорганических веществ».

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.

### **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

– универсальные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	З - УКЕ-1 Знать учебные предметы естественнонаучного цикла, рассматривать свойства, связи и взаимодействия технологических объектов. У - УКЕ-1 Уметь использовать знания естественнонаучных дисциплин В - УКЕ-1 Владеть методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах

– профессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1	Способен планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	З – ПК-1 Знать способы планирования и проведения физических и химических экспериментов. У – ПК-1 Уметь проводить обработку результатов экспериментов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения. В - ПК-1 Владеть методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
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

**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 творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности	1.Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие студентов в проведении семинаров.

	деятельности <b>(B22)</b>	<p>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>	2.Формирование производственного коллективизма в ходе совместного решения модельных и практических задач.
Профессиональное воспитание	<p>формирование профессиональной 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 <b>(B34);</b></p>	<p>1. Использование для формирования чувства личной ответственности в области технологии реактивов и особо чистых веществ воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин:</p> <p>Технология водоподготовки и очистки сточных вод;</p> <p>Технология катализаторов и адсорбентов;</p> <p>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>1.Организация и проведение научно-практических конференций, 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>3.Участие в подготовке публикаций в периодических научных изданиях;</p>

## Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 7-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 ак. часов.

### Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттес- та- ция раздела (форма)	Макси- маль- ный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1	1-4	Способы синтеза веществ	82	4	-	-	78	УО, КР	25
2	5-8	Способы очистки веществ	98	4	8	8	78	ЛР №1, ЛР №2, Зд., Т	25
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>180</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>156</b>	<b>Экзамен</b>	<b>50</b>

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Раздел 1. Способы синтеза веществ</b> <b>Тема 1. Общая классификация веществ</b> <b>Тема 2. Синтез веществ ионообменным способом</b> Основы технологии ионообменного синтеза. Методы ионообменного синтеза. Применение ионитов для обессоливания воды. Схемы установок ионообменного обессоливания воды. <b>Тема 3. Синтез веществ химическим осаждением и соосаждением из растворов</b> Физико-химические основы осаждения и соосаждения. Образование химических осадков. Примеры получения химических осадков в промышленности. <b>Тема 4. Синтез неорганических веществ криохимическими методами</b> Общие принципы криохимической технологии.	4	[1-14]
<b>Раздел 2. Способы очистки веществ</b> <b>Тема 5. Адсорбционные способы очистки веществ</b> Примеры адсорбционных способов очистки веществ. <b>Тема 6. Ректификационные методы очистки веществ</b> Примеры ректификационных способов очистки веществ. <b>Тема 7. Экстракционные методы очистки веществ</b> Примеры экстракционных способов очистки веществ. <b>Тема 8. Другие методы синтеза и очистки неорганических веществ</b> Синтез веществ в условиях сверхвысоких давлений	4	[1-14]

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Расчет адсорбционных установок	8	[7]

### Перечень лабораторных работ

Тема лабораторных работ. Задания, вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Сравнительная оценка свойств адсорбентов	4	[6]
Адсорбционные свойства активированного угля	4	[5]

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Раздел 1. Способы синтеза веществ</b> <b>Тема 2. Синтез веществ ионообменным способом</b> Общие закономерности. Кинетика ионного обмена. Ионообменное равновесие (степень превращения ионита, степень превращения раствора). Статика ионообменных систем. Динамика ионного обмена. Эффективное использование растворов реагентов. Примеры ионообменного синтеза реактивов. Получение борной кислоты. Выделение иода из природных вод. Очистка экстракционной фосфорной кислоты. <b>Тема 3. Синтез веществ химическим осаждением и соосаждением из растворов</b> Выбор условий осаждения (степень кристаллизации основного вещества из раствора; коэффициенты очистки кристаллов, сокращения кристаллизации примесей). Гетерогенные системы осадок-маточный раствор. Классификация методов химического осаждения из растворов. Гетерогенные методы химического осаждения. Гомогенные методы химического осаждения. Автоматическое регулирование процессов химического осаждения. Соединения магния. Соединения меди. Соединения никеля. Соединения алюминия. Соединения железа. Соединения натрия. Соединения марганца. Соединения цинка. Соединения бария. Осветление воды коагуляцией <b>Тема 4. Синтез неорганических веществ криохимическими методами</b> Принципы криохимического синтеза неорганических веществ.	78	[1-14]
<b>Раздел 2. Способы очистки веществ</b> <b>Тема 5. Адсорбционные способы очистки веществ</b> Основные закономерности и особенности адсорбции микропримесей из газов, паров и растворов. Наиболее распространенные типы сорбентов. <b>Тема 6. Ректификационные методы очистки веществ</b>	78	[1-14]

<p>Основные закономерности и особенности ректификации и сублимационных процесса очистки веществ.</p> <p><b>Тема 7. Экстракционные методы очистки веществ</b></p> <p>Основные закономерности и особенности экстракции микропримесей из растворов.</p> <p><b>Тема 8. Другие методы синтеза и очистки неорганических веществ</b></p> <p>Электрохимические, лазерохимические синтезы, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (CVC)..</p>		
---	--	--

### **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. 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 лабораторных и 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
<b>Входной контроль</b>			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
<b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b>			
1	Способы синтеза веществ	З - УКЕ-1, У - УКЕ-1, В - УКЕ-1; З – ПК-1, У – ПК-1, В - ПК-1; З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2	Отчет по лабораторной работе (письменно) Решение задач (письменно)

			Тест (письменно)
2	Способы очистки веществ	З - УКЕ-1, У - УКЕ-1, В - УКЕ-1; З – ПК-1, У – ПК-1, В - ПК-1; З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2	Решение задач (письменно) Тест (письменно)
Промежуточная аттестация			
1	Экзамен	УКЕ-1, ПК-1, ПК-2	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
Входной контроль			
1	Входной контроль		
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Способы синтеза веществ	З -УКЕ-1,У - УКЕ-1,В - УКЕ-1; З – ПК-1,У – ПК-1,В - ПК-1; З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2	Знает методы ионного обмена, понятие степени кристаллизации основного вещества из раствора, коэффициента очистки кристаллов, сокристаллизации примесей Владеет методикой получения концентрированных растворов и регенерации ионитов Умеет использовать справочные материалы и формулы для расчета установок при ионном обессоливания воды и установок для осаждения и соосаждения
2	Способы очистки веществ	З -УКЕ-1,У - УКЕ-1,В - УКЕ-1; З – ПК-1,У – ПК-1,В - ПК-1; З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2	Знает типы сорбентов, ректификационные и экстракционные способы очистки Владеет методикой исследования свойств адсорбентов Умеет использовать справочные материалы и формула для расчета адсорбционных и экстракционных установок
	Экзамен	УКЕ-1, ПК-1,ПК-2	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
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

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

### 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. Какие приборы применяются при изготовлении концентрированных растворов? Правила эксплуатации.
2. Каковы основные положения инструкции по приготовлению концентрированных растворов с использованием бюреточной системы?

3. Каковы условия изготовления, технология, контроль и хранение концентрированных растворов для бюреточной установки?

4. Как проводятся расчеты, связанные с укреплением и разбавлением концентрированных растворов для бюреточной установки?

5. Как приготовить концентрированный раствор при отсутствии мерной посуды?

### **Вопросы для отчета по лабораторной работе №2**

1. Что такое ионный обмен?

2. Какие используются иониты в процессе водоподготовки?

3. Перечислите способы регенерации ионитов?

4. Какие методы водоподготовки являются наиболее перспективными и надежными? Назовите их сущность.

5. Рассчитайте обменную емкость катионита КУ-2, если через адсорбционную колонку, содержащую 10 г этого ионита, пропускали 25 л воды общей жесткостью 13,6 мг-экв/л.

### **Вопросы для отчета по лабораторной работе №3**

1. От чего зависит адсорбирующая способность адсорбента и чем она характеризуется?

2. Как получают активные угли?

3. В каком виде изготавливаются угли, предназначенные для адсорбции из газов?

4. В каком виде изготавливаются угли, предназначенные для адсорбции из жидкостей?

5. Как увеличить гидрофильность углей?

### **Вопросы для отчета по лабораторной работе №4**

1. Что такое избирательная адсорбция?

2. Полярные и неполярные адсорбенты.

3. Объясните явление достройки кристаллической решетки адсорбента.

4. Влияние радиусов ионов на их способность адсорбироваться.

5. Когда наблюдается обменная адсорбция? Где ее применяют?

### **Задачи для выполнения практических занятий:**

1. Определить требуемое количество активного угля, высоту слоя адсорбента и диаметр адсорбера периодического действия для поглощения паров бензина из смеси его с воздухом. Расход паровоздушной смеси 3450 м<sup>3</sup>/ч. Начальная концентрация бензина  $C_0 = 0,02$  кг/м<sup>3</sup>. Скорость паровоздушной смеси  $w = 0,23$  м/с, считая на полное сечение аппарата, динамическая активность угля по бензину 7 % (масс.), остаточная активность после десорбции 0,8 % (масс.), насыпная плотность угля  $\rho_{\text{нас}} = 500$  кг/м<sup>3</sup>. Продолжительность десорбции, сушки и охлаждения адсорбента составляет 66 мин.

2. По опытным данным, продолжительность поглощения паров хлорпикрина ( $C_0 = 6$ , г/м<sup>3</sup>) слоем активного угля высотой  $H = 0,06$  м и площадью поперечного сечения  $S = 0,02$  м<sup>2</sup> при объемной скорости  $V = 0,03$  м<sup>3</sup>/мин составляет  $\tau = 336$  мин. По изотерме адсорбции хлорпикрина активность угля  $a^*_0 = 222$  кг/м<sup>3</sup>. Диаметр частиц угля  $d_3 = 1,5$  мм. Определить: а) коэффициент защитного действия слоя  $K$  (ответ записать в мин/м и ч/м); б) потерю времени защитного действия  $\tau_0$ ; в) динамические коэффициенты  $B_1$  и  $B_2$ .

3. Если в условиях предыдущей задачи скорость потока паровоздушной смеси  $\omega'=5$  м/мин, то как при этом изменяется: а) коэффициент защитного действия слоя; б) потеря времени защитного действия; в) продолжительность поглощения для слоя высотой  $H'=0,1$  м?

4. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ( $\tau=135$  мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя  $H=1,0$  м. Скорость паровоздушной смеси  $\omega=25$  м/мин; начальная концентрация  $C_0=0,027$  кг/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 ( $\Delta t$ )?

5. Определить рабочую высоту колонного аппарата для процесса глубокой осушки газов ( $C_{\text{пр}}=2,94 \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>) цеолитом типа NaA при следующих условиях: высота неподвижного слоя 0,25 м,  $C_0=0,01$  кг/м<sup>3</sup>, скорость паровоздушного потока ( $f$ ), отнесенная к полному сечению аппарата, 0,5 см/с,  $\tau_{\text{нас}}=180$  мин,  $\tau_{\text{пр}}=100$  мин.

6. В адсорбционную колонну поступает непрерывно со скоростью 0,5 м/с паровоздушная смесь, имеющая начальную концентрацию  $C_{\text{нач}}=0,1$  кг/м<sup>3</sup>. Концентрация паров поглощаемого компонента на выходе  $C_{\text{кон}}=0,006$  кг/м<sup>3</sup>. Поглощение производится активным углем, непрерывно поступающим в колонну. Дана изотерма адсорбции поглощения вещества на угле (рис. 1). Коэффициент массопередачи  $k_m=5,1$  с<sup>-1</sup>. Уголь выходит из колонны насыщенным на 61 % от своей равновесной активности. Определить скорость движения и высоту слоя угля в колонне.

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. Кинетика ионного обмена

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. Образование химических осадков

## 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. Типы сорбентов

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  $C_0=0,027 \text{ кг/м}^3$ ; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002 \text{ кг/м}^3$ ; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500 \text{ кг/м}^3$ . 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  $C_0=0,027 \text{ кг/м}^3$ ; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002 \text{ кг/м}^3$ ; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500 \text{ кг/м}^3$ . 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  $C_0=0,027 \text{ кг/м}^3$ ; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002 \text{ кг/м}^3$ ; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500 \text{ кг/м}^3$ . 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  $C_0=0,027 \text{ кг/м}^3$ ; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002 \text{ кг/м}^3$ ; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500 \text{ кг/м}^3$ . 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  $C_0=0,027 \text{ кг/м}^3$ ; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002 \text{ кг/м}^3$ ; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500 \text{ кг/м}^3$ . 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  $C_0=0,027 \text{ кг/м}^3$ ; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002 \text{ кг/м}^3$ ; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500 \text{ кг/м}^3$ . 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  $C_0=0,027 \text{ кг/м}^3$ ; концентрация смеси на выходе из адсорбера  $C_1=0,0002 \text{ кг/м}^3$ ; насыпная плотность слоя  $\rho_{\text{нас}}=500 \text{ кг/м}^3$ . На сколько повысится температура парогазовой смеси ( $\Delta t$ )?

## Тестовые задания:

### Вариант №1

1. Что является поверхностью контакта фаз (основной областью массообмена) в насадочных абсорберах?
- а) смоченная поверхность насадки;
  - б) перераспределитель жидкости;
  - в) опорные решетки;
  - г) слой пены на тарелке.

### Вариант №2

1. Что является поверхностью контакта фаз (основной областью массообмена) в тарельчатых абсорберах?
- а) смоченная поверхность насадки;
  - б) распределитель жидкости;
  - в) слой пены на тарелке;
  - г) трубы.

### Вариант №1

2. При какой схеме абсорбционных установок газ проходит через абсорбер снизу вверх, а жидкость стекает сверху вниз?
- а) прямоточной;
  - б) одноступенчатой с частичной рециркуляцией;
  - в) многоступенчатой с рециркуляцией;
  - г) противоточной.

### Вариант №2

2. При какой схеме абсорбционных установок уходящий газ соприкасается с жидкостью?
- а) прямоточной;
  - б) одноступенчатой с частичной рециркуляцией;
  - в) многоступенчатой с рециркуляцией;
  - г) противоточной.

### Вариант №1

3. В каких случаях применяется простая перегонка?
- а) только для разделения смесей, летучести компонентов которых одинаковы;
  - б) только для разделения смесей, летучести компонентов которых существенно различны;
  - в) для жидкостей и газов, летучесть которых не имеет значения;
  - г) для жидкостей, летучесть которых не имеет значения и для газов, летучести которых существенно различны.

### Вариант №2

3. Что такое флегма?
- а) это жидкость, возвращаемая для орошения ректификационной колонны и взаимодействия с поднимающимися по колонне парами;
  - б) остаток (нижний продукт);

- в) ректификат (верхний продукт);
- г) это восходящий поток пара из нижней части колонны.

#### Вариант №1

4. Что такое экстракт?

- а) исходный раствор;
- б) остаточный исходный раствор, из которого с той или иной степенью полноты удалены экстрагируемые компоненты;
- в) избирательный растворитель;
- г) раствор извлеченных веществ в экстрагенте.

#### Вариант №2

4. Что такое рафинат?

- а) остаточный исходный раствор, из которого с той или иной степенью полноты удалены экстрагируемые компоненты;
- б) исходный раствор;
- в) избирательный растворитель;
- г) раствор извлеченных веществ в экстрагенте.

#### Вариант №1

5. В каком случае экстракция заключается в извлечении твердой фазы, причем извлекаемый компонент последовательно растворяется в жидкости (избирательным растворителем), проникающей в поры исходного сложного твердого вещества, диффундирует к наружной поверхности последнего и затем диффундирует от этой поверхности в основную массу жидкости?

- а) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в растворенном состоянии;
- б) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в газообразном состоянии;
- в) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в твердом виде;
- г) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в летучем состоянии.

#### Вариант №2

5. В каком случае экстракция заключается в извлечении компонента, который диффундирует из пор твердого вещества в основную массу жидкости?

- а), если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в растворенном состоянии;
- б) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в твердом виде;
- в) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в газообразном состоянии;
- г) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в летучем состоянии.

#### Вариант №1

6. Через какие приспособления в непрерывно действующих многокамерных адсорберах с кипящим слоем твердые частицы адсорбента стекают со ступени на ступень?

- а) перфорированные тарелки;
- б) распределительные решетки;
- в) трубы для вывода отработанного адсорбента;
- г) переточные трубы.

#### Вариант №2

6. Через какие приспособления в непрерывно действующих многокамерных адсорберах с кипящим слоем газ проходит со ступени на ступень?

- а) штуцера для отвода отработанного газа;
- б) перфорированные тарелки;
- в) трубы для вывода отработанного адсорбента;
- г) переточные трубы.

#### Вариант №1

7. Диэлектрическая сушка — это

- а) сушка, осуществляемая в замороженном состоянии при глубоком вакууме;
- б) сушка, осуществляемая путем передачи тепла от теплоносителя к материалу через разделяющую их стенку;
- в) сушка, осуществляемая путем передачи тепла инфракрасными лучами;
- г) сушка, осуществляемая путем нагревания в поле токов высокой частоты.

#### Вариант №2

7. Сублимационная сушка — это

- а) сушка, осуществляемая в замороженном состоянии при глубоком вакууме.
- б) сушка, осуществляемая путем передачи тепла от теплоносителя к материалу через разделяющую их стенку;
- в) сушка, осуществляемая путем передачи тепла инфракрасными лучами;
- г) сушка, осуществляемая путем нагревания в поле токов высокой частоты.

#### Вариант №1

8. Как называется рабочее тело, при помощи которого осуществляется перенос тепла в холодильных установках?

- а) тепловым агентом;
- б) охладителем;
- в) нагревателем;
- г) холодильным агентом.

#### Вариант №2

8. Закончите фразу: искусственное охлаждение

- а) связано с переносом тепла от тела с менее низкой температурой к телу с более высокой температурой;

- б) связано с переносом тепла от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой;
- в) связано с переносом тепла от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой;
- г) связано с переносом тепла от тела с более высокой температурой к телу с более низкой температурой.

#### Вариант №1

9. В каком аппарате технологической схемы умеренного охлаждения холодильный агент превращается из пара в жидкость?

- а) в компрессоре;
- б) в конденсаторе;
- в) в дросселе;
- г) в испарителе.

#### Вариант №2

9. В каком аппарате технологической схемы умеренного охлаждения холодильный агент превращается из жидкости в пар?

- а) в компрессоре;
- б) в конденсаторе;
- в) в дросселе;
- г) в испарителе.

#### Вариант №1

10. Дробление твердых и хрупких материалов производят

- а) раздавливанием, истиранием и ударом;
- б) раздавливанием, раскалыванием и истиранием;
- в) истиранием, раскалыванием и ударом;
- г) раздавливанием, раскалыванием и ударом.

#### Вариант №2

10. Дробление твердых и вязких производят

- а) истиранием и ударом;
- б) раздавливанием и истиранием;
- в) истиранием и раскалыванием;
- г) раздавливанием и ударом.

Оценивание студента **на экзамене** по дисциплине «Технология реактивов и особо чистых веществ»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Освоение компетенций	Требования к знаниям
100-85	Продвинутый уровень	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.

84-70	Средний уровень	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Базовый уровень	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

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

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

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

### Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

#### Основная литература:

1. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2158-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169060>.

2. Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие / Т. Г. Ахметов, В. М. Бусыгин, Л. Г. Гайсин, Р. Т. Ахметова ; под редакцией Т. Г. Ахметова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 452 с. — ISBN 978-5-8114-3882-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/119611>.

3. Баранов, Д. А. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Д. А. Баранов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 408 с. — ISBN 978-5-8114-4984-2. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130186>.

#### Дополнительная литература:

4. Александрова, Э. А. Неорганическая химия. Теоретические основы и лабораторный практикум : учебник / Э. А. Александрова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 396 с. — ISBN 978-5-8114-3473-2. — Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130569>.

5. Зубова Н.Г. Влияние катализаторов на скорость химической реакции / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

6. Зубова Н.Г. Оценка химической активности катализатора / Методические

указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

7. Зубова Н.Г. Адсорбционные свойства угля / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

8. Зубова Н.Г. Избирательность адсорбции / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

9. Зубова Н.Г. Определение содержание катионов кобальта в адсорбированном растворе / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

10. Зубова Н.Г. Расчет энергии активации каталитического процесса / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

11. Зубова Н.Г. Расчет производительности катализатора / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

12. Зубова Н.Г. Расчеты каталитических процессов и реакторов / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

13. Зубова Н.Г. Расчеты адсорбционных процессов и реакторов / Методические указания к выполнению практических раб. Апробация, 2020.

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

### **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 практического занятия 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. Уточнить план проведения

практического занятия по теме лекции. 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 к занятию. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на практическом занятии 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 занятия. В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний. Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях. В конце практического занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

## 3. Указания для проведения лабораторных занятий.

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории. Перед выполнением лабораторной работы проверить степень готовности студентов, напомнить и обсудить основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работ. В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий. Требовать, чтобы основные результаты экспериментов были зафиксированы студентами в письменном виде. При приеме зачета по работе требовать отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

## 4. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным. При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе. При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений. С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

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

Рабочую программу составил: доцент, Сеницына И.Н.

Рецензент: доцент, Герасимова В.М.

Программа одобрена на заседании УМКН 18.03.01 «Химическая технология».

Председатель учебно-методической комиссии Чернова Н.М.