

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 катализаторов и адсорбентов»

Направления подготовки

«18.03.01. Химическая технология»

Основная профессиональная образовательная программа

«Химическая технология неорганических веществ»

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Балаково

Цель освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины является получение знаний, необходимых для плодотворной творческой деятельности бакалавра. Дисциплина «Технология катализаторов и адсорбентов» 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 катализаторов и адсорбентов» 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 катализаторов и адсорбентов» связан 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 катализаторов и адсорбентов», 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	1. Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие студентов в проведении семинаров. 2. Формирование производственного коллективизма в ходе

	деятельности (B22)	<p>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"> - 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. 	совместного решения модельных и практических задач при проведении практических и лабораторных занятий.
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 (B34);</p>	<p>1. Использование для формирования чувства личной ответственности в области технологии катализаторов и адсорбентов воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин: Технология водоподготовки и 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 технологи й.</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. часа.

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		
1	1	Катализаторы и каталитические процессы	61	2	5	4	50	УО, ЛР №1, ЛР №2, Зд, КР	25
2	2	Технология получения катализаторов	62	4	-	2	56		
3	3	Адсорбция	57	2	3	2	50	ЛР №3, Зд, Т	25
Вид промежуточной аттестации			180	8	8	8	156	Экзамен	50

Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
Катализаторы и каталитические процессы Понятие катализа и катализаторов Технические характеристики контактных масс	2	[1-3]
Технология получения катализаторов Осажденные контактные массы Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки Катализаторы, получаемые механическим смешением компонентов Плавленные и скелетные контактные массы Катализаторы на основе цеолитов Распылительные сушилки	4	[1-3]
Адсорбция Общие сведения адсорбционных процессов Параметры пористой структуры адсорбентов	2	[1-3]

Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
Расчет каталитических процессов и реакторов	4	[12]
Расчет адсорбционных процессов и реакторов	4	[13]

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	3	[4, 5]
Каталитическая активность контактных масс	2	[4, 6]
Сравнительная оценка свойств адсорбентов	3	[4, 7]

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Катализаторы и каталитические процессы Стадии катализа на твердых катализаторах Сущность каталитического действия Области протекания каталитических реакций	50	[1-14]
Технология получения катализаторов Основные требования, предъявляемые к промышленным катализаторам Разновидности промышленных контактных масс Основные этапы производства контактных масс. Общие сведения о производстве катализаторов. Формовка катализатора. Механохимические реакции. Механизмы каталитических процессов. Виды отравления катализаторов. Селективность катализаторов. Производство катализатора конверсии оксида углерода Распылительные сушилки	56	[1-14]
Адсорбция Физическая адсорбция Значение пористой структуры адсорбентов Основные промышленные адсорбенты и их свойства. Общие сведения Классификация пор по размерам Активные угли Силикагели Цеолиты Глинистые породы	50	[1-14]

Образовательные технологии

Реализация освоения дисциплины «Технология катализаторов и адсорбентов» 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 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
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Катализаторы и каталитические процессы	3 – УКЕ – 1, У – УКЕ – 1, В – УКЕ - 1 3 – ПК – 1, У – ПК – 1, В - ПК - 1 3- ПК – 2, У – ПК – 2, В – ПК - 2	Отчет по лабораторной работе (письменно) Решение задач (письменно) Тест (письменно)
2	Технология получения катализаторов	3 – УКЕ - 1, У – УКЕ - 1, В – УКЕ - 1 3 – ПК-1, У – ПК – 1, В – ПК - 1 3 - ПК – 2, У – ПК – 2, В -ПК - 2	Решение задач (письменно) Тест (письменно)
3	Адсорбция	3 – УКЕ – 1, У – УКЕ – 1, В - УКЕ-1 3 – ПК – 1, У – ПК – 1, В – ПК - 1 3 – ПК – 2, У – ПК – 2, В – ПК - 2	Отчет по лабораторной работе (письменно) 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	Катализаторы и каталитические процессы	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 понятие катализа, катализаторов, контактной массы, стадии катализа, технические характеристики контактных масс Владеет методикой исследования влияния катализаторов на скорость химической реакции и методикой исследования каталитической активности контактных масс Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для определения энергии активации контактных масс
2	Технология получения катализаторов	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 требования, предъявляемые к катализаторам, разновидности промышленных контактных масс, технологии получения осажденных, пропиточных, смешанных, плавленных, скелетных и цеолитных контактных масс Владеет методикой определения производительности катализатора Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для расчета каталитических процессов и реакторов
3	Адсорбция	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 понятие адсорбции, адсорбентов, адсорбтива, параметров пористой структуры, классификацию промышленных адсорбентов и их свойства Владеет методикой сравнительной оценки свойств адсорбентов, методикой исследования адсорбционных свойств активированного угля, определения содержания катионов кобальта в адсорбированном растворе Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для расчета адсорбционных процессов и реакторов
	Экзамен		Демонстрирует основные знания и умения в соответствии с разделами 1, 2, 3.

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. 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. 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?

Вопросы для отчета по лабораторной работе №5:

1. Чем характеризуется адсорбционная емкость и в чем она выражается?
2. От чего зависит коэффициент распределения адсорбата?
3. Что такое изотерма и изобара адсорбции?
4. Мера развитости поверхности.
5. Современная технология производства активных углей.

Задачи для выполнения практических занятий:

1. Для некоторой химической реакции присутствие катализатора позволяет уменьшить энергию активации химического процесса, реализуемого при температуре 450 °С, от 48 до 33 кДж. Во сколько раз увеличится скорость каталитической реакции по сравнению с некаталитической, полагая, что все другие факторы скорости реакции остаются неизменными?

2. Промышленная установка, работающая на ванадиевом катализаторе (V_2O_5), производит в сутки 10 000 кг моногидрата серной кислоты (H_2SO_4). Объем катализатора в установке 0,5 м³. Рассчитать **производительность катализатора**.

3. Определить объем катализатора $v_{кат}$ в колонне синтеза аммиака и время контакта τ газа с катализатором по следующим исходным данным: производительность реактора 95 т NH_3 в сутки, давление $P=80$ МПа; температура

$t=500^{\circ}\text{C}$; объемная скорость $V_{об}=60000 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^3)$; степень превращения $x=20\%$. Свободный объем катализатора $V_{св}=30\%$ от общего его объема. На 1 т NH_3 расходуется 3000 м^3 азотоводородной смеси ($V_{азвс}$). Для упрощения расчета наличие инертных примесей в газе ($\text{Ar}+\text{CH}_4$) не учитывать.

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

5. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период ($\tau=135$ мин) при адсорбции паров йодистого этила активным углем. Диаметр адсорбера 3 м, высота слоя $H=1,0 \text{ м}$. Скорость паровоздушной смеси $\omega=25 \text{ м/мин}$; 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 $\rho_{нас}=500 \text{ кг/м}^3$. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

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.
2. Контактные массы
3. Сущность каталитического действия
4. Стадии катализа на твердых катализаторах
5. Области протекания каталитических реакций
6. Технические характеристики контактных масс: каталитическая активность, селективность
7. Технические характеристики контактных масс: устойчивость катализаторов к отравлению
8. Технические характеристики контактных масс: устойчивость катализаторов к перегревам
9. Технические характеристики контактных масс: температура зажигания
10. Технические характеристики контактных масс: гидравлическое сопротивление
11. Технические характеристики контактных масс: механическая прочность
12. Технические характеристики контактных масс: продолжительность работы, стоимость катализатора
13. Основные этапы производства контактных масс. Разновидности промышленных

катализаторов

- 14.Осажденные контактные массы
- 15.Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки
- 16.Методы пропитки
- 17.Катализаторы, получаемые механическим смешением
- 18.Плавленные и скелетные контактные массы
- 19.Условия проведения процесса плавления
- 20.Катализаторы на основе цеолитов
- 21.Производство катализаторов конверсии оксида углерода
- 22.Распылительные сушилки
- 23.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/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)

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/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

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/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

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/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура

парогазовой смеси (Δt)?

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/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

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/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

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/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

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/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

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/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

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/м³; концентрация смеси на выходе из адсорбера $C_1=0,0002$ кг/м³; насыпная плотность слоя $\rho_{\text{нас}}=500$ кг/м³. На сколько повысится температура парогазовой смеси (Δt)?

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_p в уравнении: $I = V_k C_p \rho_p$,

- 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: $I = V_{\text{н}} C_{\text{и}} x C_{\text{п}} \beta_V$,

- 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.

**Оценивание студента на экзамене по дисциплине
«Технология катализаторов и адсорбентов»:**

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
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	F
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 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 практической работы.

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.