

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 «Химические реакторы»

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 «Химические реакторы» формируют технологическое мировоззрение бакалавров для их производственно-технологической и проектно-конструкторской профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины: Изучение основных принципов организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные реакционные процессы и реакторы химической технологии. Бакалавр по дисциплине «Химические реакторы» 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 «Химические реакторы» связан с необходимостью знаний основ общей и неорганической химии, аналитической химии и физико-химических методов анализа, органической 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 «Химические реакторы», должны быть использованы в процессе изучения последующих дисциплин: «Оборудование производств неорганических веществ», «Технология минеральных удобрений, солей и щелочей», «Химическая технология неорганических веществ. Технология серы и серной кислоты», «Технология связанного азота».

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

- А/06.6. Разработка предложений по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства;
- D/01.6. Совершенствование технологии, механизация и автоматизация производственных процессов;
- А/01.6. Проведение анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов.
- В/02.6. Проведение экспертизы технических документов производства наноструктурированных композиционных материалов на соответствие требованиям внутреннего рынка и экспортным требованиям.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

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

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

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

Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплин

Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебной дисциплины	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
Профессиональное воспитание	- формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.	1. Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов

Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 7-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часа.

Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1	1	Общие положения	10/2	2/2	-		8	УО, Зд №1, Зд №1,	25
	2	Реакторы с различнымире-	46/2	2/2	-	8	36		

		жимами движения среды						КР	
2	3	Реакторы с различным тепловым режимом	44	2	-	-	42	Зд №2, Зд №3	25
	4	Промышленные химические реакторы	44/2	2/2	-	-	42		
Вид промежуточной аттестации			144/6	8/6	-	8	128	Зачет с оценкой	50

Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Общие положения Классификация химических реакторов Основные требования к промышленным реакторам	2/2	[1-2]
Реакторы с различными режимами движения среды РИС периодический РИС непрерывного действия РИВ непрерывного действия	2/2	[1-2]
Реакторы с различным тепловым режимом Политропический режим Изотермический режим Адиабатический режим	2	[1-2]
Промышленные химические реакторы Реакторы для гомогенных процессов Реакторы для гетерогенных процессов	2/2	[1-2]

Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Расчет материального баланса	4	[3]
Расчет константы скорости химической реакции	4	[3]

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Общие положения Анализ процессов в химическом реакторе	8	[1-2, 4]
Реакторы с различными режимами движения среды Каскад РИС Реакторы полунепрерывного действия Сравнение реакторов различных типов Математическое моделирование процессов в химических реакторах Классификация математических моделей процессов в химических реакторах Неидеальные режимы Оптимизация химического процесса в реакторах	36	[1-2, 4]
Реакторы с различным тепловым режимом Классификация реакторов с различным тепловым режимом. Уравнение теплового баланса.	42	[1-2, 4]

Условия поддержания устойчивого режима работы реакторов. Выбор типа реактора с учетом теплового режима. Создание оптимального теплового режима в реакторе		
Промышленные химические реакторы Реакторы для гетерогенных процессов с твердой фазой. Реакторы для газожидкостных гетерогенных процессов. Реакторы для гетерогенно-каталитических процессов. Блочные катализаторы	42	[1-2, 4]

Образовательные технологии

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

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

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

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

Фонд оценочных средств

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

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

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Общие положения	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2	Решение задач (письменно) Контрольная работа (письменно)
	Реакторы с различными режимами движения среды	З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	
2	Реакторы с различным тепловым режимом	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Решение задач (письменно)
	Промышленные химические реакторы		
Промежуточная аттестация			
1	Зачет с оценкой	ПК-2, ПК-7	Устный опрос (устно)

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

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Общие положения	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает классификацию химических реакторов и основные требования к промышленным реакторам, РИС периодический, РИС непрерывного действия, РИВ непрерывного действия, реакторы полунепрерывного действия. Умеет пользоваться справочными данными для определения изменения степени превращения в реакторах идеального смешения (РИС) и реакторах идеального вытеснения (РИВ), скорости химических реакций в РИС и РИВ Владеет методикой расчета объема химических реакторов, основных параметров РИВ и РИС
	Реакторы с различными режимами движения среды		
2	Реакторы с различным тепловым режимом	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает классификацию промышленных реакторов, классификацию химических реакторов и основные требования, предъявляемые к ним, реакторы идеального вытеснения и смешения, сравнение их эффективности, обзор промышленных типов реакторов. Умеет использовать справочные материалы для определения типа промышленного реактора к технологическому процессу, параметров химических реакторов Владеет информацией о принципах действия промышленных реакторов, методикой составления функциональной, структурной, операторной и технологической схемы
	Промышленные химические реакторы		
	Зачет с оценкой	ПК-2, ПК-7	Демонстрирует основные знания и умения в соответствии с разделами 1, 2.

Оценочные средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Входной контроль	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выясне-	Устный опрос - УО

		ние объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	
2	Практическое занятие	Решение задач реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.	Решение задач - Зд
3	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Контрольная работа - КР
4	Устный опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос – УО

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

Вопросы входного контроля (УО):

1. Классификация химических реакций
2. Гомогенные реакции и их скорость
3. Гетерогенные реакции и их скорость
4. Экзотермические химические реакции
5. Эндотермические химические реакции
5. Закон действия масс. Константа скорости химических реакции
6. Обратимые и необратимые химические реакции
7. Константа равновесия химических реакций
8. Влияние температуры, давления и концентрации на скорость химических реакций
9. Полимерные материалы
10. Классификация минеральных удобрений

Задачи для выполнения практических занятий:

1. Определить объем реактора идеального смешения для обратимой реакции $2A \leftrightarrow R+S$, протекающей без изменения объема реакционной массы, при начальной концентрации исходного вещества $C_{A,0} = 1,4$ кмоль/м³, при степени превращения $x_A = 0,76$ от равновесной, порядок реакции $n=2$. Объемный расход исходного вещества $G_V = 4,9$ м³/ч; константа скорости прямой реакции $k_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ м³/(кмоль·с); константа равновесия $K_p = 9$; равновесная степень превращения $x_A^* = 0,86$.

2. Составить материальный баланс обжига колчедана, содержащего 38 % серы и 2 % влаги. Концентрация SO₂ в сухом обжиговом газе - 9,4 %, SO₃ - 0,46%. Содержание серы в огарке - 2 %.

3. При исследовании реакции взаимодействия трифенилметилхлорида с метанолом $(C_6H_5)_3CCl + CH_3OH \rightarrow (C_6H_5)_3COCH_3 + HCl$ в безводном бензоле в присутствии пиридина при температуре 25°C, начальной концентрации трифенилметилхлорида 0,114 кмоль·м⁻³ и начальной концентрации метанола 0,08 кмоль·м⁻³ были получены следующие данные:

Время $\tau \cdot 10^{-4}$, с	1,004	1,038	2,502	2,549	2,657	6,85	8,58	9,01
Количество трифенилметилхлорида, кмоль·м ⁻³	0,0092	0,015	0,0136	0,0193	0,0213	0,0325	0,0343	0,0351

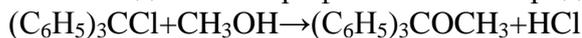
Контрольные задания при выполнении **контрольной работы** выполняются индивидуально по вариантам, соответствующим последней цифре шифра студента. Варианты контрольных заданий:

№ 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
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

1. Общие сведения о химических реакторах.
2. Классификация химических реакторов по организации процесса в аппарате.
3. Классификация химических реакторов по тепловому режиму
4. Классификация химических реакторов по режиму движения компонентов
5. Основные требования, предъявляемые к промышленным реакторам
6. Принцип действия реактора идеального смешения периодического действия.
7. Принцип действия реактора идеального смешения непрерывного действия.
8. Принцип действия реактора идеального вытеснения непрерывного действия.
9. Реакторы полунепрерывного действия.
10. Каскад реакторов идеального смешения
11. Сравнение реакторов различных типов.
12. Материальный баланс химических реакторов
13. Математическое моделирование химических реакторов.
14. Классификация химических реакторов и их математических моделей
15. Анализ процессов в химических реакторах: условия процесса, свойства составляющих процесса и показатели процесса в химических реакторах
16. Анализ процессов в химических реакторах: особенности процесса и режима
17. Классификация реакторов с различным тепловым режимом.
18. Политропический режим.
19. Изотермический режим.
20. Адиабатический режим.
21. Уравнение теплового баланса.
22. Условия поддержания устойчивого режима работы реакторов.
23. Параметрическая чувствительность.
24. Выбор типа реактора с учетом теплового режима.
25. Создание оптимального теплового режима в реакторе.
26. Емкостные периодические аппараты: реакторы, используемые для органического синтеза.
27. Емкостные аппараты: реактор, используемый в производстве красок.
28. Емкостные аппараты: реакторы, используемые в производстве полимеров.
29. Емкостные аппараты: реакторы, используемые в производстве органического синтеза.
30. Трубчатые аппараты: реактор, используемый в производстве 3-хлоропрена.
31. Трубчатые аппараты: реактор, используемый в производстве соляной кислоты.
32. Трубчатые аппараты: реактор, используемый для получения коксового газа.
33. Реакторы для гетерогенных процессов с твердой фазой: реактор, используемый для очистки природного газа от серосодержащих соединений.
34. Реакторы для гетерогенных процессов с твердой фазой: реактор, используемый для кислотного разложения апатита.
35. Реактор для гетерогенных процессов в псевдооживленном слое.
36. Реакторы для газожидкостных гетерогенных процессов: прямоточное движение сплошных потоков газа и жидкости.
37. Реакторы для газожидкостных гетерогенных процессов: противоточное движение сплошных потоков газа и жидкости.
38. Реакторы для газожидкостных гетерогенных процессов: насадочные реакторы.
39. Реакторы для газожидкостных гетерогенных процессов: барботаж газа через жидкость.
40. Реакторы для гетерогенно-каталитических процессов.
41. Определить объем реактора идеального смешения для получения максимального количества продукта R по реакции $A \rightarrow R \rightarrow S$, а также определить селективность и производительность по

продукту R. Объемный расход исходного вещества $G_V = 17 \text{ м}^3/\text{ч}$; константа скорости реакций $k_1 = 4 \text{ мин}^{-1}$ и $k_2 = 1,5 \text{ мин}^{-1}$; начальная концентрация исходного вещества $C_{A,0} = 4,8 = 7 \text{ моль/л}$.

42. При исследовании реакции взаимодействия трифенилметилхлорида с метанолом



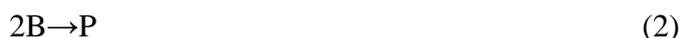
в безводном бензоле в присутствии пиридина при температуре 25°C , начальной концентрации трифенилметилхлорида $0,114 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ и начальной концентрации метанола $0,08 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ были получены следующие данные:

Время $\tau \cdot 10^{-4}$, с	1,004	1,038	2,502	2,549	2,657	6,85	8,58	9,01
Количество трифенилметилхлорида, прореагировавшего к моменту времени τ , в расчете на единицу объема, $\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$	0,0092	0,015	0,0136	0,0193	0,0213	0,0325	0,0343	0,0351

Определить константу скорости реакции.

43. Определить объем реактора идеального смешения для получения максимального количества продукта R по реакции $A \rightarrow R \rightarrow S$, а также определить селективность и производительность по продукту R. Объемный расход исходного вещества $G_V = 16 \text{ м}^3/\text{ч}$; константа скорости реакций $k_1 = 3 \text{ мин}^{-1}$ и $k_2 = 1,6 \text{ мин}^{-1}$; начальная концентрация исходного вещества $C_{A,0} = 4,6 \text{ моль/л}$.

44. В реакторе идеального смешения, работающем при адиабатических условиях, происходят реакции:



где R — продукт реакции. Начальные концентрации исходных веществ (в $\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$) $C_{A0} = 0,1$; $C_{B0} = 0,3$; $C_{R0} = C_{D0} = C_{P0} = C_{S0} = 0$. Текущие концентрации взаимодействующих веществ (в $\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$) $C_A = 0,016$; $C_P = 0,028$; $C_S = 0,012$; $C_D = 0,034$. Скорость подачи исходных веществ $v_0 = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$. Определить производительность реактора по продукту R.

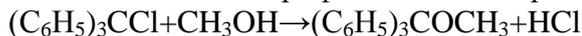
Определить константу скорости реакции.

45. В реакторе идеального смешения, работающем при адиабатических условиях, происходят реакции:



Определить производительность реактора по веществам R и S при следующих условиях: начальные концентрации веществ (в $\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$) $C_{A0} = 2,0$; $C_{B0} = 1,7$; текущие концентрации веществ (в $\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$) $C_A = 0,1$; $C_B = 0,5$; $C_T = 0,15$; $C_D = 0,05$; скорость подачи исходных веществ $v_0 = 10^{-2} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$. Считать, что плотность реакционной массы не меняется, а концентрации продуктов в начальный момент времени равны $C_{R0} = C_{S0} = C_{T0} = C_{D0} = 0$.

46. При исследовании реакции взаимодействия трифенилметилхлорида с метанолом



в безводном бензоле в присутствии пиридина при температуре 25°C , начальной концентрации трифенилметилхлорида $0,104 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ и начальной концентрации метанола $0,051 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ были получены следующие данные:

Время $\tau \cdot 10^{-4}$, с	1,001	1,041	2,499	2,546	2,653	6,82	8,54	8,97
Количество трифенилметилхлорида, прореагировавшего к моменту времени τ , в расчете на единицу объема, $\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$	0,0088	0,013	0,0132	0,0191	0,0208	0,0322	0,0340	0,0347

47. Определить объем реактора идеального смешения для получения максимального количества продукта R по реакции $A \rightarrow R \rightarrow S$, а также определить селективность и производительность по продукту R. Объемный расход исходного вещества $G_V = 19 \text{ м}^3/\text{ч}$; константа скорости реакций $k_1 = 6 \text{ мин}^{-1}$ и $k_2 = 1,9 \text{ мин}^{-1}$; начальная концентрация исходного вещества $C_{A,0} = 4,9 \text{ моль/л}$.

48. В реакторе идеального смешения происходят следующие реакции:

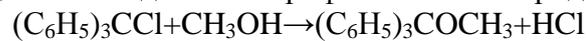


где D — целевой продукт реакции; $C_{R0} = C_{S0} = C_{T0} = C_{D0} = 0$ — начальные концентрации промежуточных и конечных продуктов.

Начальная концентрация исходного вещества $C_{A0} = 2 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$, текущие концентрации веществ [в $\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$]: $C_A = 0,48$; $C_B = 1,09$; $C_R = 0,07$; $C_S = 0,35$; $C_T = 0,16$. Скорость подачи исходных веществ $v_0 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$.

Определить производительность реактора G_A по веществу A.

49. При исследовании реакции взаимодействия трифенилметилхлорида с метанолом



в безводном бензоле в присутствии пиридина при температуре 25°C , начальной концентрации трифенилметилхлорида $0,108 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ и начальной концентрации метанола $0,057 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ были получены следующие данные:

Время $\tau \cdot 10^{-4}$, с	1,006	1,048	2,504	2,554	2,659	6,88	8,57	9,03
Количество трифенилметилхлорида, прореагировавшего к моменту времени τ , в расчете на единицу объема, $\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$	0,0092	0,017	0,0136	0,0195	0,0302	0,0325	0,0337	0,0349

Определить константу скорости реакции.

50. Определить объем реактора идеального смешения для получения максимального количества продукта R по реакции $A \rightarrow R \rightarrow S$, а также определить селективность и производительность по продукту R. Объемный расход исходного вещества $G_V = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$; константа скорости реакций $k_1 = 7 \text{ мин}^{-1}$ и $k_2 = 1,4 \text{ мин}^{-1}$; начальная концентрация исходного вещества $C_{A,0} = 4,4 \text{ моль/л}$.

Вопросы к зачету

1. Общие сведения о химических реакторах. Классификация химических реакторов
2. Классификация реакторов по гидродинамической обстановке
3. Классификация реакторов по условиям теплообмена
4. Классификация по способу организации теплообмена
5. Классификация по фазовому составу реакционной смеси и по способу организации процесса
6. Классификация по характеру изменения параметров процесса во времени
7. Классификация по конструктивным характеристикам
8. Требования, предъявляемые к промышленным реакторам
9. Принципы расчета химического реактора
10. Моделирование химических реакторов и протекающих в них химических процессов
11. Требования к математическому моделированию
12. Уровни математической модели реакторов
13. Реактор идеального смешения периодического действия (РИС-П)
14. Непрерывно действующие реакторах идеального смешения (РИС-Н)
15. Каскад реакторов идеального смешения
16. Реактор идеального вытеснения (РИВ)
17. Сравнение реакторов различных типов
18. Причины отклонения от идеального режима
19. Математическая модель реактора с неидеальной структурой
20. Теплоперенос в химических реакторах

21. Характеристика тепловых режимов химических реакторов
22. Принципы обеспечения устойчивой работы реактора
23. Реакторы для гомогенных процессов
24. Реакторы для гетерогенных процессов с твердой фазой
25. Реакторы для газо-жидкостных гетерогенных процессов
26. Реакторы для гетерогенно-каталитических процессов
27. Реакторы для блочных катализаторов
28. Реакторы со взвешенным слоем катализатора

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала оценки входного контроля:

Зачтено: Задание выполнено верно, сдано в установленные сроки

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

Шкала оценки задач, контрольной работы (в процентах):

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

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

Оценивание студента **на зачете с оценкой** по дисциплине «Химические реакторы»:

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 – <i>«отлично»</i>	90-100	A
4 – <i>«хорошо»</i>	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – <i>«удовлетворительно»</i>	65-69	E
	60-64	
2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	Менее 60	F

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература

1. Корытцева А.К., Петьков В.И. Химические реакторы: Введение в теорию и практику : учебное пособие. - СПб : Издательство «Лань», 2019. - 112 с. — Режим доступа : <https://e.lanbook.com/reader/book/113903/#109>

2. Баранов Д.А. Процессы и аппараты химической технологии : учебник. - СПб : Издательство «Лань», 2020. - 408 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/130186/#4>

Дополнительная литература

3. Зубова Н.Г. Химические реакторы / Метод. указания к выполнению практических работ 1, 2, 3. Апробация, 2024.

4. Журнал «Труды БГТУ. 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 практических занятий уяснить тему и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

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

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

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

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

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

3. Указания для выполнения 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 актив-

ной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Методические рекомендации для преподавателей

1. Указания для проведения лекций

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

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

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

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

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

2. Указания для проведения практических занятий

Четко обозначить тему практического занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой практического занятия.

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

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

В конце практического занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

3. 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 Зубова Н.Г.

Рецензент: доцент Зернышкина А.А.

Программа одобрена на заседании УМКН 18.03.01 «Химическая технология».

Председатель учебно-методической комиссии Чернова Н.М.