

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Лужанин Владимир Геннадьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.09.2025 19:07:32
Уникальный программный ключ:
d56ba45a9b6e5c64a319e2c5ae3bb2c1db840af0

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Пермская государственная фармацевтическая академия»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра общей и органической химии

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕНА

решением кафедры

Протокол от «03» июня 2025 г. № 9

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В. 10 Химические реакторы

(индекс, наименование дисциплины), в соответствии с учебным планом)

Б1.В.10 Хим. реакторы

(индекс, краткое наименование дисциплины)

18.03.01 Химическая технология

(код, наименование направления подготовки (специальности))

Химическая технология лекарственных средств

(направленность(и) (профиль (и))/специализация(и))

Бакалавр

(квалификация)

Очная

(форма(ы) обучения)

Год набора - 2026

Пермь, 2025 г.

Автор(ы)–составитель(и):

канд. фармацевт. наук, доцент кафедры общей и органической химии Лиманский Е.С.

Заведующий кафедрой общей и органической химии д-р хим. наук, проф. Гейн В.Л.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Объем и место дисциплины в структуре ОПОП	4
3. Содержание и структура дисциплины	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	7
5. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины	12
6. Учебная литература для обучающихся по дисциплине	12
7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы	12

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине,
соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Код компетенции	Наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-2	Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.	ИДОПК-2.1 ИДОПК-2.3	Использует знания в области математики для решения задач в профессиональной деятельности. Систематизирует и анализирует результаты физико-химических и химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	На уровне знаний: Имеет представление о теоретических основах физических, физико-химических и химических процессов, основные положения теории химического строения веществ; основные понятия и законы физической химии и химической термодинамики; основные типы, конструктивные особенности и принцип работы технологического оборудования производства; основы теплотехники, теплопередачи, выпаривания; технологические системы основных химических производств и их аппаратное оформление; принципы создания малоотходных технологических процессов. На уровне умений: выполнять материальные и энергетические расчеты технологических показателей химических производств; определять оптимальные условия проведения химико-технологических процессов; обосновывать целесообразность выбранной технологической схемы и конструкции оборудования; составлять и делать описания технологических схем химических процессов;

2. Объем и место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.10 «Химические реакторы» изучается на 3 курсе в 6 семестре и составляет 144 ч. / 4 з. е.

3. Содержание и структура дисциплины

3.1. Структура дисциплины.

№ п/п	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, час.					Форма текущего контроля успеваемости ¹ , промежуточной аттестации
		Всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий			СР	
			Л	ЛЗ	ПЗ		
Очная форма обучения							
Семестр № VII							
Раздел 1	Введение. Понятие о химических процессах и реакторах	8	2	-	2	4	Т
Тема 1.1	Основные понятия и определения. Предмет дисциплины.	4	1	-	1	2	-
Тема 1.2	Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике.	4	1	-	1	2	Т
Раздел 2	Вычислительный эксперимент и адекватность моделей	16	4	-	4	8	С
Тема 2.1	Основы, классификация методов исследований.	8	2	-	2	4	С
Тема 2.2	Физическое и математическое моделирование. Адекватность моделей.	8	2	-	2	4	С
Раздел 3	Химические процессы и реакторы	34	6	-	10	18	Т
Тема 3.1	Физико-химические основы химических процессов.	5	1	-	2	2	Т
Тема 3.2	Гомогенные химические процессы. Гетерогенные химические процессы.	7	1	-	2	4	Т
Тема 3.3	Каталитический химический процесс. Процессы в химическом реакторе.	7	1	-	2	4	Т
Тема 3.4	Режимы идеального смешения. Режимы идеального вытеснения.	7	1	-	2	4	Т
Тема 3.5	Изотермический процесс в химическом реакторе. Неизотермический процесс в химическом реакторе.	8	2	-	2	4	Т
Раздел 4	Промышленные химические реакторы	14	2	-	4	8	КР
Тема 4.1	Конструктивные элементы химических реакторов. Общие	7	1	-	2	4	КР

№ п/п	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, час.					Форма текущего контроля успеваемости ¹ , промежуточной аттестации
		Всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий			СР	
			Л	ЛЗ	ПЗ		
	положения о расчете химических реакторов.						
Тема 4.2	Оптимизация химических процессов и реакторов. Схемы и конструкции промышленных химических реакторов.	7	1	-	2	4	КР
Раздел 5	Расчета каталитических реакторов	36	6	-	14	16	КР
Тема 5.1	Вычисление констант равновесия, определение равновесного выхода и построение равновесной кривой.	7	1	-	2	4	КР
Тема 5.2	Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленных реакторах. Расчет оптимальных температур для каждой стадии процесса.	10	2	-	4	4	КР
Тема 5.3	Составление материального баланса для реактора в целом и по стадиям катализа.	7	1	-	4	4	КР
Тема 5.4	Определение основных размеров реактора по данным материального баланса. Составление теплового баланса по стадиям реактора.	10	2	-	4	4	КР
Промежуточная аттестация		36					экзамен
Всего:		144	20	-	34	54	

Примечание: ¹ – формы текущего контроля успеваемости: тестирование (Т), собеседование (С), контрольная работа (КР).

3.2. Содержание дисциплины.

Раздел 1. Введение. Понятие о химических процессах и реакторах. Тема 1.1. Основные понятия и определения. Предмет дисциплины. Определение и назначение химического реактора. Реакторы в химических отраслях промышленности. Тема 1.2. Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике. Определение и основные понятия, их место в инженерно-химических исследованиях и разработках.

Раздел 2. Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике. Тема 2.1. Основы, классификация методов исследований. Место и значение натурного и вычислительного эксперимента. Тема 2.2. Физическое и математическое моделирование. Адекват-

ность моделей. Научный метод исследования и изучения процессов в химическом реакторе - математическое моделирование. Физическое и математическое моделирование. Определение числа ключевых компонентов сложной химической реакции. Расчёт скорости стадии сложной химической реакции.

Раздел 3. Химические процессы и реакторы. Тема 3.1. Физико-химические основы химических процессов. Физико-химические закономерности химических превращений - стехиометрические, термодинамические, кинетические. Показатели химического превращения - степень превращения, выход продукта, интегральная и дифференциальная селективности, скорости реакции и превращения реагентов. Тема 3.2. Гомогенные химические процессы. Гетерогенные химические процессы. Классификация химических процессов по различным признакам - химическим (вид химической реакции, термодинамические характеристики, схема превращений), фазовым (число и агрегатное состояние фаз) и стационарности. Тема 3.3. Каталитический химический процесс. Процессы в химическом реакторе. Определение, классификация, примеры. Гомогенный и микрогетерогенный каталитические процессы, их общее и отличительное от гомогенных и гетерогенных химических процессов. Гетерогенный катализ на твердом катализаторе. Тема 3.4. Режимы идеального смешения. Режимы идеального вытеснения. Влияние структуры потока, стационарности режима, параметров и условий протекания процесса, вида химической реакции. Основы расчета процесса в реакторе. Тема 3.5. Изотермический процесс в химическом реакторе. Неизотермический процесс в химическом реакторе. Организация тепловых потоков и режимов в химических реакторах. Распределение температуры и концентраций в реакторах идеального смешения и вытеснения. Связь температуры и степени превращения в адиабатическом процессе.

Раздел 4. Промышленные химические реакторы. Тема 4.1. Конструктивные элементы химических реакторов. Общие положения о расчете химических реакторов. Обзор типов химических реакторов, их структурные элементы. Основные процессы и явления в них. Тема 4.2. Оптимизация химических процессов и реакторов. Схемы и конструкции промышленных химических реакторов. Реакционный элемент, устройства ввода и вывода, смешения, разделения и распределения потоков, теплообменные элементы.

Раздел 5. Расчет каталитических реакторов. Тема 5.1. Вычисление констант равновесия, определение равновесного выхода и построение равновесной кривой. Определение, классификация, примеры. Гомогенный и микрогетерогенный каталитические процессы, их общее и отличительное от гомогенных и гетерогенных химических процессов. Гетерогенный катализ на твердом катализаторе. Тема 5.2. Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленных реакторах. Расчет оптимальных температур для каждой стадии процесса. Температурные режимы по стадиям процессов. Выбор оптимальных условий процессов. Тема 5.3. Составление материального баланса для реактора в целом и по стадиям катализа. Составление материального баланса, стадии процесса. Обоснование и построение математических моделей процесса в реакторах. Тема 5.4. Определение основных размеров реактора по данным материального баланса. Составление теплового баланса по стадиям реактора. Определение основных размеров реактора, высота слоя катализатора, гидравлическое сопротивление.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Формы и материалы текущего контроля.

4.1.1. В ходе реализации дисциплины Б1.В.10 «Химические реакторы» используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся: тест, собеседование, контрольная работа.

4.1.2. Материалы текущего контроля успеваемости.

Пример тестового задания «Физико-химические основы химических процессов».

1. Какое из приведенных ниже уравнений является термическим уравнением состояния простой системы?

а) $U = U(V, T)$ б) $U = U(P, T)$ в) $P = P(U, T)$ г) $P = P(V, T)$

2. Какой газ в термодинамике называют идеальным?

а) газ, равновесное состояние которого описывается уравнением Ван-дер-Ваальса;

б) одноатомный газ;

в) двухатомный газ, равновесное состояние которого описывается уравнением Редлиха-Квонга;

г) газ, равновесное состояние которого для одного моля описывается уравнением $PV = RT$.

3. При каких условиях тепловой эффект реакции прямо пропорционален увеличению температуры?

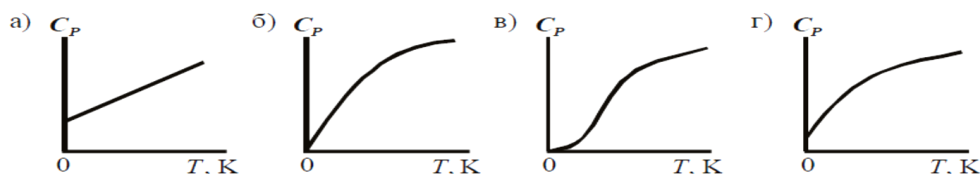
а) при постоянном давлении

б) при $\Delta_r C_P = 0$;

в) при $\Delta_r C_P = \text{const} > 0$

г) при $\Delta_r C_P < 0$

4. Зависимость теплоемкости кристаллического вещества от температуры графически изображается:



6. Какое из представленных уравнений определяет химический потенциал компонента в открытой системе?

и) $\mu_i = \left(\frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{S, V, n_{j \neq i}}$; п) $\mu_i = \left(\frac{\partial H}{\partial n_i} \right)_{S, V, n_{j \neq i}}$; ш) $\mu_i = \left(\frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{S, P, n_{j \neq i}}$; ив) $\mu_i = \left(\frac{\partial A}{\partial n_i} \right)_{S, V, n_{j \neq i}}$.

Пример вопросов для собеседования по теме «Классификация методов исследования»

1. Что такое моделирование и модель процесса? Их назначение.

2. Математическое моделирование? Этапы моделирования?

3. Физическое моделирование?

4. Этапы математического моделирования, применение для химических процессов и реакторов.

5. Моделирование методом масштабирования?

8. Системный анализ – как метод изучения химико-технологических систем.

Пример контрольной работы по теме «Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленных реакторах. Расчет оптимальных температур для каждой стадии процесса».

Задача №1.

Газ, выходящий из реактора окисления аммиака, быстро охлаждают для конденсации из него основной части водяных паров. Газ содержит 9% (мол.) оксида азота, 1% (мол.) диоксида азота и 8% (мол.) кислорода. До поступления в абсорбционные колонны, где получается азотная кислота, газ окисляется до отношения $\text{NO}_2 : \text{NO}$, равного 5:1.

Требуется рассчитать объем реактора вытеснения, необходимый для достижения указанной цели, в предположении, что охлаждение является достаточно эффективным для поддержания постоян-

ной температуры реакционной смеси на уровне 200С. Расход газа в реакторе составляет 10000 м³/ч, давление газа – 105 Па.

4.1.3. Шкала оценивания для текущего контроля.

Шкала оценивания тестовых заданий:

Оценка «отлично»: 90 - 100% правильных ответов

Оценка «хорошо»: правильных ответов 75 - 89% правильных ответов

Оценка «удовлетворительно»: 60 - 74% правильных ответов

Оценка «неудовлетворительно»: 59% и менее правильных ответов.

Шкала оценивания собеседования.

Оценка «зачтено»: выставляется обучающемуся, объяснившему классификацию методов, раскрывшему вопрос о моделировании, давшему раскрытый ответ об их значение в изучении химических реакторов.

Оценка «не зачтено»: обучающийся не выполняет один и более из вышеперечисленных пунктов.

Шкала оценивания контрольных работ.

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания вопросов контрольной работы и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности, которые может устранить с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными понятиями выносимых на контрольную работу тем, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания выносимых на контрольную работу вопросов тем дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий и не умеет использовать полученные знания.

4.2. Формы и материалы промежуточной аттестации.

4.2.1. Промежуточная аттестация проводится в форме теста с закрытыми и открытыми заданиями.

4.2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации.

Пример экзаменационного билета

Вариант №1

№ вопроса	Задание
1.	Как изменяется теплота испарения чистой жидкости с увеличением температуры? а) не изменяется; б) увеличивается; в) уменьшается; г) зависит от свойств конкретной жидкости.

2.	Зависимость теплоемкости кристаллического вещества от температуры графически изображается: а) б) в) г) а) а; б) б; в) в; г) г.
3.	С увеличением температуры химический потенциал компонента в идеальном растворе а) увеличивается; б) уменьшается; в) не изменяется; г) растворителя увеличивается, а растворенного вещества уменьшается.
4.	Не смешивающиеся жидкости кипят при температурах: а) выше температуры кипения малолетучей жидкости; б) выше температуры кипения легколетучей жидкости; в) ниже температуры кипения легколетучей жидкости; г) при температуре кипения, равной $0.5 \cdot T_{\text{кип}}(1) + 0.5 \cdot T_{\text{кип}}(2)$.
5.	Не смешивающиеся жидкости с постоянной температурой кипят при: а) повышении давления паров малолетучей жидкости; б) повышении давления паров легколетучей жидкости; в) ниже температуры кипения легколетучей жидкости; г) при давлении насыщенных паров компонентов $P_{\text{общ.}} = P^*_A + P^*_B$.
6.	По результатам эксперимента получена линейная зависимость в координатах $\left(\frac{c_{\text{SO}_2}(t)}{c_{\text{SO}_2}(0)} - \frac{t}{t_k} \right)$, которая соответствует _____ области протекания процесса.
7.	Укажите к какому типу относится реактор, показанный на рисунке _____.
8.	Получена линейная зависимость $\chi_{\text{ТВ}}(t/t_k)$, что характерно для _____ области протекания процесса.
9.	Последовательность процессов целенаправленной переработки сырья в продукт – это _____.
10.	Понятие степень конверсии относится к веществам _____.

4.2.3. Шкала оценивания.

Шкала оценивания промежуточной аттестации:

Оценка «отлично»: 90 - 100% правильных ответов

Оценка «хорошо»: правильных ответов 75 - 89%

Оценка «удовлетворительно»: 60 - 74% правильных ответов

Оценка «неудовлетворительно»: 59% и менее правильных ответов.

4.3. Соответствие оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине формируемым компетенциям

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Оценочные средства промежуточной аттестации (тест)
ОПК-2	ИДОПК-2.1.	+
	ИДОПК-2.3	+

4.4. Критерии оценки сформированности компетенций в рамках промежуточной аттестации по дисциплине

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Структурные элементы оценочных средств	Критерии оценки сформированности компетенции	
			Не сформирована	Сформирована
ОПК-2	ИДОПК-2.1	тестирование	- Не знает теоретические основы физических, физико-химических и химических процессов, основные положения теории химического строения веществ; основные понятия и законы физической химии и химической термодинамики; основные типы, конструктивные особенности и принцип работы технологического оборудования производства; основы теплотехники, теплопередачи, выпаривания; технологические системы основных химических производств и их аппаратное оформление; принципы создания малоотходных технологических процессов.	- Знает теоретические основы физических, физико-химических и химических процессов, основные положения теории химического строения веществ; основные понятия и законы физической химии и химической термодинамики; основные типы, конструктивные особенности и принцип работы технологического оборудования производства; основы теплотехники, теплопередачи, выпаривания; технологические системы основных химических производств и их аппаратное оформление; принципы создания малоотходных технологических процессов.
	ИДОПК-2.3		- Не умеет выполнять материальные и энергетические расчеты технологических показателей химических производств; определять оптимальные условия проведения химико-	- Умеет выполнять материальные и энергетические расчеты технологических показателей химических производств; определять оптимальные условия проведения химико-

			технологических процессов; обосновывать целесообразность выбранной технологической схемы и конструкции оборудования; составлять и делать описания технологических схем химических процессов;	технологических процессов; обосновывать целесообразность выбранной технологической схемы и конструкции оборудования; составлять и делать описания технологических схем химических процессов;
--	--	--	--	--

5. Методические материалы по освоению дисциплины

1. Методические указания для обучающихся по дисциплине Б1.В.10 «Химические реакторы» (полный комплект находится на кафедре общей и органической химии).

6. Учебная литература для обучающихся по дисциплине

6.1. Основная литература.

1. Углев, Н.П. Теория химических реакторов. Введение в основные разделы курса. / Н.П. Углев. Учебное пособие. – Пермь, ПГТУ, 2008. – 183 с.
2. Математическое моделирование основных процессов химических производств. / В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1991. – 400с.
3. Принципы математического моделирования химико-технологических систем : введение в системно-технику химических производств. В. В. Кафаров, В. Л. Перов, В. П. Мешалкин. / Учеб. пособие для вузов. – М. : Химия, 1974. – 344 с.

6.2. Дополнительная литература.

1. Леонтьева, А. И. Оборудование химических производств : учеб. / А.И. Леонтьева. – Москва : Химия : КолосС, 2008. – 479 с.
2. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий / [Г. М. Островский, Р. Ш. Абиев, В. М. Барабаш и др.] / [под ред. Г. М. Островского], Ч.1. – СПб. : Проффессионал, 2004. – 848 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / [Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др.] ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1991. – 496 с.

7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

В процессе изучения дисциплины используются: учебная аудитория, оборудованная вытяжными шкафами лаборатория, лабораторное и инструментальное оборудование для работы обучающихся. Оборудование: мультимедийный комплекс (ноутбук, проектор, экран), наборы мультимедийных наглядных материалов, доска.

АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.10 Химические реакторы

Код и наименование направления подготовки, профиля: 18.03.01 Химическая технология, химическая технология лекарственных средств.

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр.

Форма обучения: очная.

Формируемая (ые) компетенция(и): Дисциплина Б1.В.ОД.10 Химические реакторы обеспечивает овладение следующими компетенциями:

ОПК-2 – способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.

ИДОПК-2.1 – применяет основные методы и приемы для измерения физических и физико-химических параметров объектов и процессов.

ИДОПК-2.3 – систематизирует и анализирует результаты физико-химических и химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

Объем и место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.10 «Химические реакторы», относится к вариативной части ОПОП, 3 курс, 6 семестр, общая трудоемкость дисциплины 144 ч. / 4 з. е.

Содержание дисциплины:

Раздел 1. Введение. Понятие о химических процессах и реакторах. Тема 1.1. Основные понятия и определения. Предмет дисциплины. Тема 1.2. Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике.

Раздел 2. Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике. Тема 2.1. Основы, классификация методов исследований. Натурные и модельные исследования. Тема 2.2. Физическое и математическое моделирование. Адекватность моделей.

Раздел 3. Химические процессы и реакторы. Тема 3.1. Физико-химические основы химических процессов. Тема 3.2. Гомогенные химические процессы. Гетерогенные химические процессы. Тема 3.3. Каталитический химический процесс. Процессы в химическом реакторе. Тема 3.4. Режимы идеального смещения. Режимы идеального вытеснения. Тема 3.5. Изотермический процесс в химическом реакторе. Неизотермический процесс в химическом реакторе.

Раздел 4. Промышленные химические реакторы. Тема 4.1. Конструктивные элементы химических реакторов. Общие положения о расчете химических реакторов. Тема 4.2. Оптимизация химических процессов и реакторов. Схемы и конструкции промышленных химических реакторов.

Раздел 5. Расчет каталитических реакторов. Тема 5.1. Вычисление констант равновесия, определение равновесного выхода и построение равновесной кривой. Тема 5.2. Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленных реакторах. Расчет оптимальных температур для каждой стадии процесса. Тема 5.3. Составление материального баланса для реактора в целом и по стадиям катализа. Тема 5.4. Определение основных размеров реактора по данным материального баланса. Составление теплового баланса по стадиям реактора.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.