

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Институт фундаментальной и прикладной химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев  
«19» мая 2023 г.

**Рабочая программа**  
**«Химическая технология»**

Направление подготовки  
04.03.01 Химия

Направленность (профиль)  
«Медицинская и фармацевтическая химия»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании института  
протокол № 7 от «17» апреля 2023 года

Программа одобрена  
НМК факультета биологии и экологии  
протокол № 8 от «28» апреля 2023 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение общих закономерностей химико-технологических процессов применительно к основным типам реакторов и химико-технологических систем, закономерностей гомогенных и гетерогенных, каталитических и некаталитических процессов.

Курс дает общие представления о многообразии и структуре химических производств, знания о типовых химико-технологических процессах и лежащих в их основе физико-химических закономерностях, представления об инженерном оформлении химико-технологических процессов и основных типах используемых в технологии конструкционных и функциональных материалах, навыки оценки технологических решений по критериям эффективности использования сырья и энергоресурсов, экологической безопасности и экономической целесообразности.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Химическая технология» относится к обязательной части Блока 1 (Б1.О.11).

Курс опирается на такие дисциплины, как «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», а также «Физика», «Математика» и «Экономика». Знания, которые студенты получили при изучении предшествующих курсов, необходимы для понимания основ технологических процессов. Курс способствует также установлению взаимосвязи между математическими и естественнонаучными дисциплинами.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

<b>Формируемая компетенция (код и формулировка)</b>	<b>Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения</b>
<b>Универсальные компетенции</b>		
<b>УК-8</b> Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.	<b>УК-8.2</b> Идентифицирует опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности.	<b>Знать:</b> – опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности. <b>Уметь:</b> – идентифицировать опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности. <b>Владеть навыками:</b> – идентификации вредных факторов.

	<p><b>УК-8.3</b> Выявляет проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте; предлагает мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.</p>	<p><b>Знать:</b> – правила техники безопасности на рабочем месте, меры по предотвращению чрезвычайных ситуаций.</p> <p><b>Уметь:</b> – выявлять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте; – оказывать первую помощь, применять методы защиты при чрезвычайных ситуациях при реализации процессов химической технологии.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – оказания первой помощи, применения методов защиты.</p>
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<p><b>ОПК-1</b> Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.</p>	<p><b>ОПК-1.1</b> Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.</p>	<p><b>Знать:</b> – свойства веществ и материалов, необходимые для анализа результатов экспериментов.</p> <p><b>Уметь:</b> – анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – подготовки отчета по работе: результаты, систематизация результатов, выводы.</p>
	<p><b>ОПК-1.2</b> Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.</p>	<p><b>Знать:</b> – теоретических основ традиционных и новых разделов химии.</p> <p><b>Уметь:</b> – интерпретировать результаты собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических знаний.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – защиты работ с обоснованием полученных результатов.</p>
	<p><b>ОПК-1.3</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.</p>	<p><b>Уметь:</b> – формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных данных.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – подготовки отчета по работам химической направленности.</p>

<p><b>ОПК-2</b> Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.</p>	<p><b>ОПК-2.1</b> Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.</p>	<p><b>Знать:</b> – правила и нормы техники безопасности. <b>Уметь:</b> – безопасно работать с химическими веществами. <b>Владеть навыками:</b> – соблюдения правил техники безопасности при работе с химическими веществами.</p>
	<p><b>ОПК-2.2</b> Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик.</p>	<p><b>Знать:</b> – правила техники безопасности при сборе установок и проведении синтеза веществ и материалов. <b>Уметь:</b> – проводить синтез веществ и материалов разной природы. <b>Владеть навыками:</b> – применения методик синтеза веществ различной природы.</p>
	<p><b>ОПК-2.3</b> Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.</p>	<p><b>Знать:</b> – методики, применяемые для определения химического и фазового состава веществ. <b>Уметь:</b> – определять химический состав веществ. <b>Владеть навыками:</b> – применения методик определения химического состава веществ, идентификации органических веществ.</p>
	<p><b>ОПК-2.4</b> Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.</p>	<p><b>Знать:</b> – устройство, назначение и принцип работы серийного научного оборудования. <b>Уметь:</b> – проводить исследования свойств веществ. <b>Владеть навыками:</b> – идентификации веществ с помощью рефрактометра, ИК-спектрофотометра.</p>
<p><b>ОПК-3</b> Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.</p>	<p><b>ОПК-3.1</b> Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности.</p>	<p><b>Знать:</b> – методы оптимизации химико-технологических процессов в зависимости от их типа. – структуру и технологические схемы химических производств; – сырьевую и энергетическую базу химического производства; <b>Уметь:</b> – классифицировать химические реакторы; – решать задачи химической направленности. <b>Владеть навыками:</b> – анализа и моделирования химико-технологических процессов в реакторе.</p>
	<p><b>ОПК-3.2</b> Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности.</p>	<p><b>Уметь:</b> – выполнять задания с использованием вычислительной техники, стандартного программного обеспечения. <b>Владеть навыками:</b> – работы в Excel для выполнения расчетов, в Word для подготовки отчета о выполнении заданий, PowerPoint для представления результатов работы.</p>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 acad.ч.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)  Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Химическое производство, структура и функциональные элементы. Химическая технология. Классификация химических реакций.	6	6		8	1		5	Самостоятельная работа №1
2	Классификация химико-технологических процессов. Гидромеханические и массообменные процессы в химической технологии.	6	4		10	1		5	Доклады с презентацией в парах, обсуждение
3	Классификация химических реакторов. Реакторы для гомогенных и гетерогенных процессов.	6	6		10	1		5	Задание по классификации реакторов
4	Катализ. Каталитические процессы и аппараты.	6	4		10	1		6	Самостоятельная работа №2, тест
5	Переработка нефти и нефтепродуктов. Промышленный органический синтез.	6	6		10	1		6	Самостоятельная работа №3
6	Сырье химической промышленности. Синтез-газ. Газохимическое сырье. Углекислотное сырье	6	6		7	1		4	Задание в системе ЭОС Moodle
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							4	<i>Задание в ЭОС Moodle, темы 7 и 8</i>
7	Важнейшие химические производства неорганических веществ. Экологические проблемы химических производств.	6	4		8	1		5	Доклад с презентацией
						2	0,5	29,5	Экзамен
	<b>ИТОГО</b>		<b>36</b>		<b>63</b>	<b>11</b>	<b>0,5</b>	<b>69,5</b>	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							<b>4</b>	

#### 4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки

##### Информация о разделах дисциплины и видах учебных занятий, реализуемых в форме практической подготовки

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Место проведения занятий в форме практической подготовки
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Химическое производство, структура и функциональные элементы. Химическая технология. Классификация химических реакций.	6			8				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
2	Классификация химико-технологических процессов. Гидромеханические и массообменные процессы в химической технологии.	6			10				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
3	Классификация химических реакторов. Реакторы для гомогенных и гетерогенных процессов.	6			10				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
4	Катализ. Каталитические процессы и аппараты.	6			10				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
5	Переработка нефти и нефтепродуктов. Промышленный органический синтез.	6			10				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
6	Сырье химической промышленности. Синтез-газ. Газохимическое сырье. Углекислотное сырье.	6			7				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
7	Важнейшие химические производства неорганических веществ. Экологические проблемы химических производств.	6			8				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
	<b>ИТОГО</b>				<b>63</b>				

## Содержание разделов дисциплины

1. Химическое производство, структура и функциональные элементы. Химическая технология. Классификация химических реакций.
  - 1.1 Химическая промышленность и ее особенности. Классы продукции.
  - 1.2. Химическое производство. Общие требования к химическому производству. Структура и функциональные элементы.
  - 1.3 Химическая технология, связь с другими науками.
  - 1.4 Технологический режим, технологическая схема. Выбор метода синтеза органического вещества и оптимальной химико-технологической схемы. Типовые химические процессы.
  - 1.5 Классификация химических реакций (применительно к химической технологии), с примерами.
  
2. Классификация химико-технологических процессов. Гидромеханические и массообменные процессы в химической технологии
  - 2.1. Принципы химической технологии. Классификация химико-технологических процессов.
  - 2.2. Виды процессов: механические и гидромеханические, теплообменные, массообменные, химические.
  
  - 2.3 Гидромеханическое разделение неоднородных систем, основные методы и их суть. Виды фильтрования и фильтров.
  - 2.4 Теплообменные процессы. Промышленные способы нагрева и охлаждения.
  - 2.5 Массообменные процессы, понятие, виды.
    - 2.5.1 Абсорбция и десорбция. Абсорбционные аппараты.
    - 2.5.2 Адсорбция и десорбция. Назначение процессов, конструкции аппаратов.
    - 2.5.3 Перегонка и ректификация. Виды. Назначение процессов, их особенности.
    - 2.5.4 Жидкостная экстракция, виды, конструкции аппаратов.
    - 2.5.5 Экстрагирование твердых веществ. Экстракторы. Кристаллизаторы.
    - 2.5.6 Типы мембранного разделения жидкостей. Аппараты для мембранного разделения
  
3. Классификация химических реакторов. Реакторы для гомогенных и гетерогенных процессов
  - 3.1 Классификация реакторов. Примеры.
  - 3.2 Общие закономерности гомогенных процессов. Факторы, влияющие на скорость гомогенных процессов.
  - 3.3 Гомогенные процессы в газовой фазе, реакторы.
  - 3.4 Гомогенные процессы в жидкой фазе, реакторы.
  - 3.5 Гетерогенные процессы, закономерности, факторы, влияющие на их скорость.
    - 3.5.1 Процессы в системе газ-жидкость, реакторы.
    - 3.5.2 Процессы в системе жидкость-твердое, реакторы.
    - 3.5.3 Процессы в системе газ-твердое. Высокотемпературные процессы и аппараты
  
4. Катализ. Каталитические химические процессы.
  - 4.1. Сущность и виды катализа. Механизм катализа. Основные понятия: катализатор, ингибитор, промотор, инициатор. Причины отравления катализатора.
  - 4.2. Гомогенный, микрогетерогенный и гетерогенный катализ, особенности.
  - 4.3 Основные физические и технологические характеристики катализаторов и носителей. Методы синтеза и приготовления катализаторов и носителей.
  - 4.4. Гомогенный кислотный и основной катализ и каталитические реакции. Способы приготовления катализаторов.

4.5 Реакции промышленного органического синтеза, катализируемые кислотами и основаниями. Алкилирование ароматических и изопарафиновых углеводородов. Ионная полимеризация.

5. Переработка нефти и нефтепродуктов. Промышленный органический синтез.

5.1 Первичные и вторичные процессы переработки нефти. Гидроочистка нефтяных фракций.

5.2 Крекинг нефти: термический, каталитический, гидрокрекинг. Реакции, условия.

5.3 Гетерогенно-каталитические процессы в нефтепереработке. Каталитический крекинг. Химические реакции. Типы реакторов. Катализаторы.

5.4 Гетерогенно-каталитические процессы в нефтепереработке. Каталитический риформинг. Химические реакции. Реакторы. Катализаторы

5.5 Промышленный органический синтез и его особенности

6. Сырье химической промышленности. Синтез-газ. Газохимическое сырье. Углекислотное сырье

6.1 Растительное и животное сырье для органического синтеза: классификация, примеры технологий.

6.2 Газохимическое сырье. Природный газ, очистка, синтезы на его основе. Попутные нефтяные газы и технологии их использования. Способы получения синтез-газа.

6.3 Процесс Фишера-Тропша: получение жидких углеводородов из синтез-газа. Значение, технология, механизмы реакций.

6.4 Углекислотное сырье. Процессы переработки твердого топлива: пиролиз, гидрогенизация, газификация.

7. Важнейшие химические производства неорганических веществ. Экологические проблемы химических производств.

7.1 Вредные воздействия химических производств на биосферу. Токсические вещества и их воздействие. Организованные и неорганизованные выбросы.

7.2 Производства неорганических кислот, аммиака.

7.3 Причины аварий на химических производствах. Пути повышения экологической безопасности.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.



**Лабораторное занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

**Консультации** – групповые занятия, являющиеся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения задействованы аудитории, оборудованные для проведения лекций и консультаций, оснащенные компьютером и мультимедийным проектором, фонд библиотеки, компьютерная техника.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Введение в специальность» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- представлена информация о формах синхронного и асинхронного взаимодействий между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

#### **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

При осуществлении образовательного процесса используются:

- операционные системы семейства Microsoft Windows;
- программы Microsoft Office;
- программа Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- система ЭОС Moodle.

#### **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

1. Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» [http://www.lib.uni-yar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uni-yar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» <https://www.urait.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Консультант Студента» <https://www.studentlibrary.ru/>

#### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

**а) основная литература**

1. Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки : учебник для вузов / В. М. Потехин, В. В. Потехин. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Химиздат, 2007. – 943 с.

[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=380991&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=380991&cat_cd=YARSU)

(электронный ресурс)

2. Бегунов Р.С., Валяева А.Н. Химические реакторы в промышленности: метод. указ. – Ярославль: ЯрГУ, 2011. – 54 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20110314.pdf> (электронный ресурс)

**б) дополнительная литература**

1. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии" : учеб. пособие по одноименной дисциплине / В.Ф. Фролов. – 2-е изд., испр. – СПб.: Химиздат, 2008. – 607 с.

[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=380965&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=380965&cat_cd=YARSU)

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

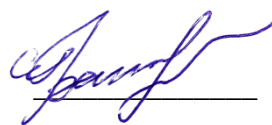
Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для лабораторных работ – списочному составу группы обучающихся.

Автор:

Ст. преподаватель института  
фундаментальной и прикладной химии



Е.Л. Грачева

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Химическая технология»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Задания для самостоятельной работы**

Тема 1. Химическое производство, структура и функциональные элементы. Химическая технология. Классификация химических реакций.

1. Выбор метода синтеза органического вещества и оптимальной химико-технологической схемы. Сформулировать критерии выбора.
2. Классификация химических реакций (применительно к химической технологии): проклассифицировать выбранную реакцию не менее, чем по 8 критериям.

Тема 2. Классификация химико-технологических процессов. Гидромеханические и массообменные процессы в химической технологии

1. Классификация химико-технологических процессов. Привести примеры механических, гидромеханических, теплообменных, массообменных, химических процессов.
2. Классификация гидродинамических процессов.

Тема 3. Классификация химических реакторов. Реакторы для гомогенных и гетерогенных процессов

1. Привести уравнения реакций:
  - а) гомогенных процессов в газовой фазе,
  - б) гомогенных процессов в жидкой фазе.
2. Указать основные приемы интенсификации гетерогенных процессов:
  - а) в системе газ-жидкость,
  - б) в системе жидкость-твердое,
  - в) в системе газ-твердое вещество.

Тема 4. Катализ. Каталитические химические процессы.

1. Изучить классификацию гетерогенных катализаторов по С.З. Рогинскому, проиллюстрировать примерами и уравнениями реакций оба типа катализа.
2. Перечислить требования к промышленным катализаторам.

Тема 5. Переработка нефти и нефтепродуктов. Промышленный органический синтез.

1. Первичные процессы переработки нефти. Перечислите основные фракции нефти с указанием температуры их кипения и химического состава веществ, их составляющих. Гидроочистка нефтяных фракций: значение, суть, аппаратурное оформление процесса.
2. Виды аппаратов для гетерогенных каталитических процессов, применяемых для крекинга и риформинга.

Тема 6. Сырье химической промышленности. Синтез-газ. Газохимическое сырье. Углекислотное сырье

1. Попутные нефтяные газы и технологии их использования. Способы получения синтез-газа.
2. Процесс Фишера-Тропша: получение жидких углеводородов из синтез-газа. Значение, технология, примеры реакций.
3. Суть процессов переработки твердого топлива: пиролиз, гидрогенизация, газификация.

Тема 7. Важнейшие химические производства неорганических веществ. Экологические проблемы химических производств.

1. Причины аварий на химических производствах. Проанализируйте возможные причины аварий на производстве аммиака. Сформулируйте пути повышения экологической безопасности.

### **Тема 1. Самостоятельная работа № 1**

1. Химическая технология. Определение. Предмет, цель изучения, методы исследования. Связь с другими дисциплинами. Этапы становления химической технологии.
2. Классификация химической технологии.
3. Химическое производство. Основные компоненты. Требования к химическому производству.
4. Химико-технологический процесс. Основные процессы и операции.
5. Карточка с уравнением химической реакции. Задание: проклассифицировать данную реакцию по всем известным Вам признакам.

### **Тема 2. Доклад с презентацией по одной из тем:**

1. Гидромеханическое разделение неоднородных систем, основные методы и их суть. Виды фильтрования и фильтров.
2. Теплообменные процессы. Промышленные способы нагревания и охлаждения.
3. Массообменные процессы, понятие, виды.
4. Абсорбция и десорбция. Абсорбционные аппараты.
5. Адсорбция и десорбция. Назначение процессов, конструкции аппаратов.
6. Перегонка и ректификация. Виды. Назначение процессов, их особенности.
7. Жидкостная экстракция, виды, конструкции аппаратов.
8. Экстрагирование твердых веществ. Экстракторы. Кристаллизаторы.
9. Типы мембранного разделения жидкостей. Аппараты для мембранного разделения

### **Тема 3. Задание по классификации реактора**

План характеристики реактора

1. Название, схема.
2. Описание, принцип работы.
3. Достоинства и недостатки.
4. Применение.
5. Классификация по 6 признакам.

### **Тема 4. Самостоятельная работа №2**

#### **Вариант 1**

1. Основные физические и технологические характеристики катализаторов и носителей.
2. Гетерогенный катализ гомолитических реакций (окислительно-восстановительный катализ) – краткая характеристика, примеры процессов, примеры катализаторов.

#### **Вариант 2**

1. Методы синтеза и приготовления катализаторов и носителей.
2. Гетерогенный катализ гетеролитических реакций (кислотно-основной катализ) – краткая характеристика, примеры процессов, примеры катализаторов.

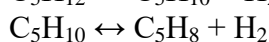
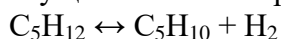
### Тест по теме «Катализ»

1. Автокаталитическими называются такие реакции, в которых:
  - А. в роли катализатора выступает один из реагентов;
  - Б. в роли катализатора выступает один из продуктов реакции;
  - В. скорость реакции возрастает за счет действия какого – нибудь внешнего фактора;
  - Г. скорость реакции все время находится на высоком уровне и не зависит от действия внешних и внутренних факторов.
2. Скорость реакции в случае гомогенного катализа зависит от:
  - А. от концентрации катализатора;
  - Б. числа активных центров на поверхности катализатора;
  - В. площади поверхности катализатора.
3. Трегеры – это \_\_\_\_\_. Приведите не менее 4-х примеров трегеров.

### Тема 5. Самостоятельная работа № 3

#### Вариант 1

1. Рассчитать теоретический и практический коэффициенты 97% изопентана в производстве 1 т изопрена. Процесс каталитического дегидрирования изопентана осуществляется по реакциям:



Выход изоамилена составляет 73%, а изопрена – 65% от теоретического

2. В реакторе протекает реакция второго порядка  $2A \rightarrow R$  с константой скорости реакции равной  $2,8 \cdot 10^{-1}$  л/(моль·с). Начальная концентрация вещества А на входе в реактор равна 0,85 моль/л, степень превращения вещества А 0,9. Определить, какое количество вещества А можно переработать за 1 час в реакторе идеального смешения объемом  $2 \text{ м}^3$  и в реакторе идеального вытеснения объемом  $0,6 \text{ м}^3$ .

#### Вариант 2

1. Рассчитать расходный коэффициент технического ацетальдегида, содержащего 98% ацетальдегида, для получения 1 т уксусной кислоты в процессе его окисления по реакции:  $CH_3CHO + 0,5 O_2 \rightarrow CH_3COOH$ , если выход кислоты по альдегиду составляет 89,3%.
2. Обратимая реакция второго порядка  $A + B \rightarrow R + S$  проводится в реакторе идеального смешения объемом 40 л. Константа скорости прямой реакции  $k_1 = 1,8$  л/(моль·мин), обратной  $k_2 = 0,8$  л/(моль·мин). Вещества А и В подаются отдельно в стехиометрическом соотношении. Концентрации веществ в индивидуальных потоках равны 0,5 моль/л. Определить, какое количество веществ А и В перерабатывается за 1 ч, если степень превращения вещества А составляет 0,85 от равновесной.

### Тема 6. Письменные ответы на вопросы в теме 6 ЭОС Moodle ЯрГУ

1. Состав синтез-газа. Возможные примеси. Достоинства разных способов получения синтез-газа.
2. Способ получения синтез-газа, пригодный для последующего синтеза метанола?
3. Как получают диметилловый эфир из синтез-газа? Приведите уравнения реакций. Значение этого процесса.
4. Что такое гидрокарбонилирование и какие его виды бывают?  
Напишите уравнения реакций гидроформилирования этилена, пропилена, этиленоксида, акрилонитрила.

5. Какова доля коксохимического производства в сырьевой базе промышленного органического синтеза?
6. Чем отличаются прямой и обратный коксовый газы, по способу получения и составу?
7. Как образуется надсмольная вода, и что из нее получают?
8. Как Вы поняли значение и суть процесса деструктивной гидрогенизации угля? Какие 2 ступени он включает? Какие продукты образуются?

### Тема 7. Задание в парах (доклад с презентацией)

7.1 Подготовка презентации по производству аммиака, серной или фосфорной кислоты, по плану:

1. Способы получения. основной способ получения и его достоинства;
2. Общая характеристика: сырье, стадии синтеза, химические реакции, катализаторы.
3. Технологическая схема получения. Подробнее один из реакторов - схема и характеристика, классификация. Пути интенсификации процесса.
4. Важнейшие пути совершенствования и перспективы развития производства.

Воздействие данного хим. производства на окружающую среду: в нормальном (штатном) режиме, и кроме того в нештатных (связанных с изменением технологических параметров) и аварийных ситуациях.

7.2 Работа с презентациями на занятии: способы повышения выхода продукта, способы снижения загрязнения окружающей среды.

### Критерии оценивания результатов текущего контроля успеваемости

Форма текущего контроля успеваемости	Правила выставления оценки
Самостоятельная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Отлично</i> выставляется, если задание выполнено полностью.</li> <li>- <i>Хорошо</i> выставляется, если задание выполнено полностью с незначительными ошибками.</li> <li>- <i>Удовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся приступил к выполнению задания, наметил алгоритм решения, но допустил серьезные ошибки на этапах решения.</li> <li>- <i>Неудовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся не приступал к выполнению задания или не смог выработать алгоритм его решения.</li> </ul>
Лабораторная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Отлично</i> выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме лабораторной работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы, демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.</li> <li>- <i>Хорошо</i> выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Обучающийся демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе</li> </ul>

	<p>алгоритма решения задания.</p> <p>- <i>Удовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся в целом освоил материал лабораторной работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы, обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.</p> <p>- <i>Неудовлетворительно</i> выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала лабораторной работы, который полностью не раскрыл</p>
Тест	<p>- <i>Отлично</i> выставляется за 90% правильных ответов.</p> <p>- <i>Хорошо</i> выставляется за 70% правильных ответов.</p> <p>- <i>Удовлетворительно</i> выставляется за 50% правильных ответов.</p> <p>- <i>Неудовлетворительно</i> выставляется при наличии менее 50% правильных ответов или при отказе обучающегося пройти тестовый контроль.</p>
Доклад с презентацией	<p>- <i>Отлично</i> выставляется обучающемуся, если он владеет категориальным аппаратом, оформил доклад согласно требованиям, может выступить с докладом, привести классификацию факторов явления и проанализировать полученные результаты, объяснить причины отклонений от желаемого результата, отстаивать свою точку зрения, приводя факты, может отвечать на вопросы.</p> <p>- <i>Хорошо</i> выставляется обучающемуся, если он владеет категориальным аппаратом, оформил доклад согласно требованиям, имеются незначительные недочеты в оформлении, может выступить с докладом, привести классификацию факторов явления, может отвечать на вопросы.</p> <p>- <i>Удовлетворительно</i> выставляется обучающемуся, если он владеет категориальным аппаратом, оформил доклад согласно требованиям, имеются значительные недочеты в оформлении, может выступить с докладом.</p> <p>- <i>Неудовлетворительно</i> выставляется обучающемуся при отсутствии подготовленного доклада, сообщения и в случае полного несоответствия подготовленной информации заявленной теме.</p>

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций.

## 2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

### Список вопросов к экзамену

1. Химическая промышленность и ее особенности. Подразделение на отрасли. Классы продукции. Функциональные элементы химического производства.
2. Понятие о химической технологии, связь с другими науками. Принципы химической технологии. Особенности химической технологии как науки.
3. Химико-технологический процесс. Этапы химико-технологического процесса. Понятие о маршруте реакции. Типы маршрутов реакций.

4. Технологический режим, технологическая схема. Выбор метода синтеза органического вещества и оптимальной химико-технологической схемы. Типовые химические процессы.
5. Классификация химических реакций (применительно к химической технологии), с примерами.
6. Принципы химической технологии. Классификация химико-технологических процессов с примерами.
7. Гидромеханическое разделение неоднородных систем, основные понятия: гетерогенная среда, дисперсная фаза, сплошная фаза. Осаждение: отстаивание, циклонирование и центрифугирование, процессы и аппараты.
8. Гидромеханическое разделение неоднородных систем. Фильтрация: классификация по режиму работы, способу организации процесса. Виды фильтров: достоинства, недостатки, применение.
9. Абсорбция: основные понятия, виды абсорбции. Применение в химической технологии. Десорбция: основные способы. Классификация поглощающих веществ. Абсорбционные аппараты, достоинства и недостатки.
10. Адсорбция и десорбция: основные понятия, применение в химической промышленности. Адсорбенты. Адсорбция: виды, особенности, примеры. Конструкции аппаратов.
11. Ионный обмен. Ионообменные материалы, виды. Применение ионообменных смол. Аппараты ионного обмена периодического и непрерывного действия.
12. Жидкостная экстракция, виды, требования к экстрагентам. Виды промышленных экстракторов: колонные, ступенчатые, промежуточной конструкции, их конструктивные особенности и применение.
13. Экстрагирование твердых веществ: виды, применение экстракции. Смесительно-отстойные, колонные, центробежные экстракторы. Виды кристаллизации. Кристаллизаторы и их конструктивные особенности.
14. Типы мембранного разделения жидкостей. Аппараты для мембранного разделения, их особенности, применение.
15. Реакторы. Требования к реакторам. Классификация реакторов по 6 критериям, примеры.
16. Общие закономерности гомогенных процессов. Факторы, влияющие на скорость гомогенных процессов. Гомогенные процессы в газовой фазе, примеры с уравнениями реакций, реакторы.
17. Гомогенные процессы в жидкой фазе, примеры, реакторы. Факторы, влияющие на скорость протекания и выход продукта.
18. Гетерогенные процессы, закономерности, факторы, влияющие на их скорость. Примеры различных гетерогенных процессов.
19. Процессы в системе газ-жидкость, примеры, реакторы.
20. Процессы в системе жидкость-твердое, примеры, реакторы.
21. Процессы в системе газ-твердое. Примеры. Высокотемпературные процессы и аппараты.
22. Сущность и виды катализа. Гомогенный, гетерогенный, микрогетерогенный, ферментативный катализ: особенности. Механизм катализа. Основные понятия: катализатор, ингибитор, промотор, инициатор. Причины отравления катализатора.
23. Типы катализа по фазовому состоянию реагентов и катализаторов. Механизм, стадии гетерогенно-каталитического процесса и их особенности.
24. Основные теории катализа и их обоснование.
25. Гетерогенные катализаторы в промышленности, требования к ним. Физические и технологические характеристики катализаторов и носителей. Классификация гетерогенных катализаторов, с примерами реакций.
26. Методы приготовления промышленных катализаторов.
27. Классификация реакторов для гетерогенных каталитических процессов.



28. Промышленная органическая химия. Особенности технологии основного органического и нефтехимического синтеза, с примерами. Виды продукции основного органического синтеза.
29. Факторы, влияющие на выбор промышленного способа синтеза органического вещества и технологической схемы. Рассмотреть на конкретных примерах.
30. Первичные и вторичные процессы переработки нефти. Гидроочистка нефтяных фракций. Гидрокрекинг: особенности технологии, реакции, типы реакторов.
31. Гетерогенно-каталитические процессы в нефтепереработке. Крекинг, термический и каталитический. Химические реакции. Типы реакторов. Катализаторы.
32. Гетерогенно-каталитические процессы в нефтепереработке. Каталитический риформинг. Химические реакции. Реакторы. Катализаторы.
33. Растительное и животное сырье для органического синтеза: классификация, примеры технологий.
34. Газохимическое сырье. Природный газ, очистка, синтеза на его основе. Попутные нефтяные газы и технологии их использования. Способы получения синтез-газа.
35. Процесс Фишера-Тропша: получение жидких углеводородов из синтез-газа. Значение, технология, механизмы реакций.
36. Углекислотное сырье. Процессы переработки твердого топлива: пиролиз, гидрогенизация, газификация.
37. Вредные воздействия химических производств на биосферу. Токсические вещества и их воздействие. Организованные и неорганизованные выбросы.
38. Причины аварий на химических производствах. Пути повышения экологической безопасности.

### Правила выставления оценки на экзамене

В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса. На подготовку к ответу дается не менее 40 минут.

Экзаменационный ответ оценивается по 4-х бальной системе, в соответствии с которой выставляются оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

**Оценка «Отлично»** выставляется студенту, который демонстрирует глубокое и полное владение содержанием материала и понятийным аппаратом квантовой механики; осуществляет межпредметные связи; умеет связывать теорию с практикой. Студент дает развернутые, полные и четкие ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, соблюдает логическую последовательность при изложении материала. Грамотно использует терминологию квантовой механики

**Оценка «Хорошо»** выставляется студенту, ответ которого на экзамене в целом соответствует указанным выше критериям, но отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой. В ответе имеют место отдельные неточности (несущественные ошибки), которые исправляются самим студентом после дополнительных и (или) уточняющих вопросов экзаменатора.

**Оценка «Удовлетворительно»** выставляется студенту, который дает недостаточно полные и последовательные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, но при этом демонстрирует умение выделить существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. Ответы излагаются в терминах квантовой механики, но при этом допускаются ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент не обосновывает свои суждения. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

**Оценка «Неудовлетворительно»** выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения, в ответах отсутствуют выводы. Дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора не приводят к коррекции ответов студента. На основную часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

## Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Химическая технология»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Химическая технология» являются лекции. Закрепление и отработка теоретического материала происходит на лабораторных занятиях, где студенты выполняют задания индивидуально и в парах, в том числе и с использованием компьютера.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков разработаны самостоятельные и контрольные работы, групповые задания. По ряду тем предусмотрены доклады студентов по предварительно выданному плану, а также подготовка презентаций и работа на лабораторных занятиях с этими материалами. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

В конце семестра проводится экзамен. Экзамен принимается по экзаменационным билетам, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, подготовка должна осуществляться преимущественно с использованием материалов лекций, находящихся в свободном доступе на платформе Moodle ЯрГУ, заданий, выполняемых студентами на практических занятиях и при подготовке к ним, а также учебной литературы, указанной в разделе «Учебно-методическое обеспечение». Во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Для самостоятельной работы рекомендуется использовать литературу, указанную в разделе 8 данной программы.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать ряд интернет-ресурсов:

1. [http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ: более 3000 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете.
2. <http://urait.ru> Электронно-библиотечная система «Юрайт»: мультидисциплинарный ресурс (учебная, научная и художественная литература, периодика)
3. <http://window.edu.ru/catalog> Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам": свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.