

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,  
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«27» февраля 2017 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **Химическая технология**

**Уровень высшего образования:**

Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Аналитическая химия, Биоорганическая химия, Высокомолекулярные соединения, Коллоидная химия, Лазерная химия, Медицинская химия и тонкий органический синтез, Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии, Неорганическая химия, Нефтехимия, Органическая химия, Радиохимия, Физическая химия, Фундаментальная и прикладная энзимология, Химия молекулярных и ионных систем, Химическая кинетика, Химия высоких энергий, Химия и технология веществ и материалов, Химия твердого тела, Электрохимия

**Форма обучения:**

очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 апреля 2012 года № 303, от 30 декабря 2016 года № 1671).

Год (годы) приема на обучение

2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

---

1. Наименование дисциплины (модуля) **Химическая технология**

2. Уровень высшего образования – **специалитет.**

3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.**

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: базовая часть ООП, блок ХД, модуль «Химическая технология».

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников), соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<b>УК-1.С</b> Способность формулировать научно обоснованные гипотезы, создавать теоретические модели явлений и процессов, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> основные этапы создания химико-технологических систем, принципы и общую стратегию системного подхода <b>Уметь:</b> формулировать научные гипотезы при обсуждении литературных и собственных данных
<b>УК-4.С</b> Способность осуществлять письменную и устную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации в академической и профессиональной сферах на основе современных коммуникативных технологий	<b>Уметь:</b> выбирать коммуникативно приемлемый стиль делового общения, использовать необходимые языковые средства, тактики и стратегии для решения коммуникативных задач в академической и профессиональной сферах <b>Уметь:</b> работать с учебными и научными текстами разного уровня сложности, отвечающими задачам профессиональной деятельности
<b>УК-12.С</b> Способность создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций	<b>Владеть:</b> методами оценки опасности химического производства
<b>ОПК-1.С.</b> Способность решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	<b>Знать:</b> общие вопросы и проблемы химической технологии, роль и масштабы использования химических процессов в различных сферах материального производства <b>Знать:</b> сырьевую и энергетическую базы химических производств <b>Знать:</b> тенденции развития техносферы и возрастающее значение проблемы ресурсо- и энергосбережения, обеспечения безопасности химических производств, защиты окружающей среды <b>Знать:</b> типовые решения химико-технологических задач, структуру и технологические схемы основных химических производств: технология связывания азота, переработка фосфорсодержащего сырья, получение серной и азотной кислот, переработка

	нефти, производство полиэтилена и полимерных волокон, композиционных материалов, материалов на основе углерода, производство железа и алюминия, электрохимические производства
<b>ОПК-2.С.</b> Способность проводить химический эксперимент с соблюдением норм безопасного обращения с химическими материалами, адекватно оценивая возможные риски с учетом свойств веществ	<b>Знать:</b> правила техники безопасности при работе в химической лаборатории <b>Знать</b> типы функциональных материалов в химической технологии: катализаторы, адсорбенты, электроды, мембраны, сенсоры и др. <b>Уметь:</b> систематизировать материалы по составу, свойствам и функциональному назначению
<b>ОПК-4.С.</b> Способность создавать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты	<b>Знать:</b> роль математического моделирования в решении задач проектирования и эксплуатации химико-технологических систем (ХТС) <b>Знать:</b> фундаментальные критерии эффективности использования сырья и энергоресурсов в ХТС, основные направления повышения эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов <b>Уметь:</b> оценить весь промышленный объект как большую химико-технологическую систему и грамотно описать ее иерархическую структуру <b>Уметь:</b> читать технологические схемы реальных химических производств <b>Уметь:</b> составить энергетический и материальный баланс ХТС, отдельного производства или предприятия
<b>ОПК-5.С.</b> Способность использовать современные расчетно-теоретические методы изучения свойств веществ и процессов с их участием при решении профессиональных задач	<b>Уметь:</b> оценить экономические показатели эффективности химических производств и дать оценку эффективности инвестиционных проектов

6. Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 72 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (56 часов занятия лекционного типа, 12 часов – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 72 часа составляет самостоятельная работа студента

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

**Знать:** основные разделы неорганической, органической и физической химии

**Уметь:** проводить стандартные синтетические операции, определять химический и фазовый состав полученных веществ

**Владеть:** навыками работы на серийном оборудовании для научных исследований и с программными продуктами химического профиля

## 8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Общие вопросы химической технологии.	<b>10</b>	4		2			<b>6</b>			<b>4</b>
Теоретические основы химической технологии.	<b>18</b>	10		2			<b>12</b>			<b>6</b>
Структура и технологические схемы химических производств.	<b>10</b>	4		2			<b>6</b>			<b>4</b>
Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств	<b>58</b>	34		2			<b>36</b>			<b>22</b>
Математическое моделирование в решении задач проектирования и	<b>12</b>	4		4			<b>8</b>			<b>4</b>

эксплуатации химико-технологических систем.										
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	<b>36</b>					4	4			<b>32</b>
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>56</b>		<b>12</b>		<b>4</b>	<b>72</b>			<b>72</b>

Наименование раздела	Содержание раздела
Общие вопросы химической технологии.	Основные этапы создания химико-технологических систем (ХТС). Роль математического моделирования в решении задач проектирования и эксплуатации ХТС. Фундаментальные критерии эффективности использования сырья и энергоресурсов в ХТП. Интегральные уравнения баланса материальных потоков в технологических системах. Показатели расхода различных видов сырья; относительный выход продукта. Интегральные уравнения баланса потоков энергии. Химическая технология и материаловедение. Экономические показатели эффективности химических производств.
Теоретические основы химической технологии.	Макроскопическая теория физико-химических явлений – теоретическая база химической технологии. Массообменные процессы. Основные макроскопические переменные параметры, характеризующие перенос и превращение вещества, импульса и энергии в распределенных неравновесных системах.
Структура и технологические схемы химических производств.	Масштабы мирового производства важнейших групп химических продуктов. Прогнозные данные о сырьевом обеспечении крупномасштабных промышленных химических процессов. Общие сведения об основных источниках промышленных отходов и выбросов. Структурная организация процессов теплообмена и вспомогательных потоков теплоносителей в современных технологических системах, направленная на утилизацию теплоты (термической эксергии) экзотермических стадий процесса при проведении его эндотермических стадий.
Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств	Технология связывания азота. Производство серной кислоты Переработка фосфорсодержащего сырья. Переработка нефти. Производство полиэтилена. Электрохимические производства.

	Производство алюминия и железа. Производство материалов на основе углерода. Производство композиционных материалов.
Математическое моделирование в решении задач проектирования и эксплуатации химико-технологических систем.	Моделирование и оптимизация процессов химической технологии в приложении HYSYS открытой среды моделирования <u>AspenOne</u> .

### 9. Образовательные технологии:

- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

### 10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Наименование раздела	Самостоятельная работа (тематика)
Общие вопросы химической технологии	Рассчитать себестоимость продукции по заданию преподавателя.
Теоретические основы химической технологии	Объяснить разницу в механизме массообмена между твердой частицей и покоящейся или движущейся жидкостью.
	Объяснить механизм влияния звуковых колебаний на однородность распределения капель при дроблении струи в процессе кристаллизации в технологии производства минеральных удобрений.
	Объяснить возможные механизмы переноса импульса двумя соседними слоями движущейся турбулентной среды.
	Проанализировать массообменный процесс в абсорбционной колонне диаграммным методом.
	Объяснить, в чем заключается преимущество каскадной организации структуры потока в химическом реакторе.
Структура и технологические схемы химических производств.	Дать обоснования обеспечения сырьем основных промышленных технологических процессов (серная кислота, аммиак, фосфор, черные и цветные металлы).
	Составить общую технологическую схему одного из крупных химических производств.
	Составление систем контроля и управления производством по заданию преподавателя.

Анализ техно-логических схем некоторых важнейших химических производств	Структура применения и потребления азотной кислоты.
	Составить три основные схемы переработки природных фосфатов
	Структура применения и потребления серной кислоты.
	Описать основные технологические процессы каталитического крекинга.
	Потребление и применение полиэтилена.
	Потребление и утилизация хлора
Математическое моделирование в решении задач проектирования и эксплуатации химико-технологических систем.	Расчет высоты колонны с заданной степенью разделения.

#### Примеры домашних заданий:

1. Рассчитать себестоимость продукции по заданию преподавателя.
2. Привести примеры химико-технологических процессов, где число Рейнольдса имеет важное значение.
3. Описать массообменные процессы газ–жидкость, жидкость–жидкость, газ–твердое тело, жидкость–твердое тело на примере реальных технологических процессов.
4. Составить общую технологическую схему одного из крупных химических производств.
5. Описать основные технологические процессы каталитического крекинга.
6. Потребление и применение полиэтилена.

#### 11. Ресурсное обеспечение:

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### Основная литература

Базовый учебник выделен курсивом, он имеется в библиотеке химического факультета). Контрольные экземпляры в электронном и бумажном виде хранятся на кафедре неорганической химии (каб. зав.кафедрой).

*Бесков В.С. Общая химическая технология. М. Академкнига. 2005. 452 с.*

Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты в химической технологии: В 2 кн. М.: Альянс, 2010.

Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. Перевод с немецкого. 2007. 651 с.

Егорова Е.И., Коптенармусов В.Б. Основы технологии полистирольных пластиков. С.-П. Химиздат 2005. 272 с.

Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. Долгопрудный. Интеллект. 2010. 352 с.

Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. М.: Высш. шк., 1990.

Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. М. Физматлит. 2008. 456 с.

Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. М.: Альянс, 2010.

Основы технологии переработки пластмасс/ Под ред. В.Н.Кулезнева, В.К.Гусева. М.: Химия, 1995.

Кузнецов Л.Д., Дмитренко Л.М., Рабина П.Д., Соколинский Ю.А.. Синтез аммиака. М.: Химия, 1982.

### Дополнительная литература

Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса. М.: Химия, 1974.

Биотехнология. Принципы и применение/ Под ред. И.Хиггинса, Д.Беста, Дж.Джорнса. М.: Мир, 1988.

Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения: В 2 ч. М.: Мир, 1988.

Вольфович С.И., Егоров А.П., Эпштейн Д.А. Общая химическая технология. Л.: Госхимиздат, 1953; Т.1.

Вольфович С.И., Роговин З.А., Руденко Ю.П., Шманенков И.В. Общая химическая технология. М.: Госхимиздат, 1959; Т.2.

Избранные главы химической технологии: Выпуск 1. М.С.Сафонов, Критерии термодинамического совершенства технологических систем. М.: Отдел опер. печати Хим. фак. МГУ, 1998.

Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1987.

Шервуд Т., Пигфорд Р.Л., Уилки Ч. Массопередача. М.: Химия, 1982.

Якименко Л.М. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов. М.: Химия, 1974.

Аверко-Антонович Л.А., Аверко-Антонович Ю.О., Давлетаева И.М., Кирпичников П.А. Химия и технология синтетического каучука. М. КолосС. 2008.357 с.

### Интернет-ресурсы <http://www.chemtech.land.ru/Lect/Lect.html>

Сетевой ресурс поддержки образовательного процесса <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/technol.html>

Материально-техническое обеспечение: для лекций и семинарских занятий требуются аудитории, оснащенные доской и средствами для письма, а также техникой для презентаций.

Лицензионное программное обеспечение для подготовки печатных текстов и презентаций – Microsoft Office.

12. Язык преподавания – русский

13. Преподаватели: д.х.н. профессор Лазорьяк Б.И.

### Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение результатов обучения, перечисленных в п.5.

#### Примеры контрольных заданий:

1. Определение и свойства полимерных композиционных материалов (ПКМ).
2. Методы получения изделий из ПКМ.
3. Последовательность сборки пакета для получения изделия из ПКМ на основе вакуумной инфузии.
4. В чем преимущество использования интегральных уравнений баланса характеристик потоков в стационарных системах?
5. В чем основное отличие уравнений баланса энергии и массы от уравнения баланса энтропии?
6. Основные термодинамические операторы, используемые при анализе обратимых преобразований в системе.
7. Рассмотрите альтернативную технологическую схему паровой конверсии метана, основанную на отборе эксергии от транзитного потока пара средних параметров.
8. Перечислить экологические проблемы нефтепереработки.
9. Перечислить факторы, влияющие на свойства графитовой фольги.
10. Перечислить стадии получения низкоплотного углеродного материала.
11. Последовательность проектирования технологической схемы производства. Способы задания потоков и аппаратов, графический экран и рабочая тетрадь. Общие принципы проектирования производства и предприятия, взаимосвязь их моделей.
12. Реакторы, присоединение реакций, расчет параметров и выбор реактора, понятие оптимальной конверсии, каскады и сочетания реакторов, рецикл непрореагировавшего сырья в реактор.
13. Особенности ввода колонн любого типа – ректификация, абсорбция и т.д. Спецификации колонны и подбор условий работы колонн для выделения продуктов разделения с требуемыми свойствами. Возврат абсорбентов в цикл - способы десорбции и их схемы.
14. Задание элементов механической группы и составление схем с применением проектирования трубопроводов. Смесители, компрессоры, сепараторы, трубопроводы, фильтры, хранилища, простые разделители и прочее оборудование.
15. Особенности ввода и установки элементов контроля, сигнализации и управления. Уставка и рецикл, вентили, КиП. Ввод и вывод данных контроля условий каждого вида оборудования. Аппаратурный и визуальный методы контроля и управления процессом.

#### Пример образцов тестов:

Пример теста к теме «Производство материалов на основе углерода» (вариант №1)

- 1) К какому классу соединений относятся интеркалированные соединения графита?
  - а) к соединениям внедрения
  - б) к клатратам
  - в) к ионным солям
  - г) верно а, б и в

- 2) Термическая устойчивость нитрата графита с увеличением номера ступени:
- а) при переходе от I ко II возрастает, а потом не изменяется
  - б) не изменяется
  - в) убывает
  - г) возрастает
- 3) Какова пикнометрическая плотность пенографита по воде?
- а) 1 – 2 г/см<sup>3</sup>
  - б) 2,26 г/см<sup>3</sup>
  - в) 0,4 – 0,9 г/см<sup>3</sup>
  - г) 1-5 г/л
- 4) Какова величина диспергирующего давления, возникающего при вспенивании ИСГ акцепторного типа?
- а) ~ 500 атм
  - б) ~ 2 атм
  - в) ~ 3000 атм
  - г) ~ 0,2 атм
- 5) Какие упругие свойства определяют для графитовой фольги:
- а) упругость, предел прочности
  - б) восстанавливаемость, предел прочности
  - в) упругость, восстанавливаемость, сжимаемость
  - г) упругость, сжимаемость, предел прочность
- 6) Удельная поверхность пенографита, полученного на основе бисульфата графита:
- а) увеличивается с номером ступени
  - б) уменьшается с номером ступени
  - в) не изменяется
  - г) возрастает при переходе от I к III ступени, а потом не изменяется
- 7) Какие из перечисленных факторов влияют на прочность графитовой фольги?
- а) природа интеркалата
  - б) насыпная плотность пенографита
  - в) плотность графитовой фольги
  - г) все перечисленные факторы

**Примерные вопросы теста по полимерным композиционным материалам**

- 1) Процесс формования изделий на основе термопластичного полимера протекает
- а) при охлаждении

- б) без изменения температуры
- в) при повышенной температуре
- 2) Для получения стеклопластиковых лодок используют процесс
  - а) вакуумной инфузии
  - б) прессования
  - в) RTM
  - г) напыления рубленого ровинга
- 3) Для получения единичных изделий используют метод
  - а) намотки
  - б) каландрирования
  - в) пултрузии
  - г) вытяжки
- 4) Области применения полиэфирных смол
  - а) производство пленки
  - б) одноразовой посуды
  - в) интерьер самолетов
  - г) искусственный камень
- 5) Какие параметры влияют на процесс пропитки
  - а) изменение вязкости связующего
  - б) механическая прочность
  - в) количество слоев
  - г) все перечисленные параметры
- 6) Достоинства метода RTM
  - а) экологичность
  - б) простые формы
  - в) большая номенклатура выпускаемых изделий
  - г) все перечисленные
- 7) Достоинства метода ручного формования
  - а) можно получать слоистые конструкции
  - б) простота процесса
  - в) большая номенклатура выпускаемых изделий
  - г) все перечисленные
- 8) Достоинства метода намотки
  - а) ограниченная номенклатура изделий

- б) можно получать слоистые конструкции
  - в) регулируемое соотношение смола/стекло
  - г) все перечисленные
- 9) Достоинства метода пултрузии
- а) быстрый процесс пропитки и отверждения материала.
  - б) хорошие структурные свойства ламинатов
  - в) закрытый процесс пропитки волокна
  - г) все перечисленные
- 10) Процесс получения волокна и пленки
- а) экструдирование
  - б) прессование
  - в) намотка
  - г) пултрузия
- 11) Какие процессы происходят при формовании изделий
- а) фиксация ориентированной структуры
  - б) полимеризация
  - в) деструкция
  - г) отверждение
- 12) При термоотжиге изделий происходит
- а) разрушение материала
  - б) переход материала в текучее состояние
  - в) горение
  - г) релаксация остаточных напряжений
- 13) Модель композита включает
- а) матрицу в объеме
  - б) межфазный слой
  - в) армирующую фазу
  - г) верно а и б
- 14) Для разработки ПКМ с заданными свойствами необходимо:
- а) исследовать свойства связующего и режим его отверждения
  - б) получить образцы ПКМ на основе связующего и исследовать их свойства
  - в) выбрать оптимальный режим формования ПКМ
  - г) все перечисленные
- 15) Второй уровень анализа связующего

- а) анализ образца связующего («паспорт»)
  - б) физико-химические свойства полимера
  - в) количественный анализ образца связующего
  - г) верно б и в
- 16) Термомеханическая кривая сетчатого полимера \_\_\_\_\_ область высокоэластического состояния
- а) имеет
  - б) не имеет
- 17) Термомеханическая кривая термопластичного полимера имеет области
- а) высокоэластического состояния
  - б) текучего состояния
  - в) все перечисленные
- 18) Технические свойства полимерных материалов и связующих
- а) водостойкость
  - б) радиационная стойкость
  - в) верно а и б
  - г) поверхностная плотность
- 19) Технические характеристики препрегов
- а) геометрические размеры
  - б) текучесть смолы
  - в) липкость
  - г) все перечисленные
- 20) Динамические механические испытания
- а) усталостные испытания
  - б) трещиностойкость
  - в)газопроницаемость
- 21) Неразрушающие методы контроля
- а) оптическая спектроскопия
  - б) компьютерная томография
  - в) удар
- 22) Области применения фенольных смол
- а) производство пленки
  - б) для производства маломерных судов
  - в) интерьер самолетов
  - г) в электротехнике

23) В узлах сшивки образуются простые эфирные группы при отверждении:

- а) аминами
- б) третичными аминами
- в) ангидридами

24) Отвержденная эпоксидная смола имеет:

- а) глобулярную структуру
- б) кристаллическую структуру
- в) все вышеперечисленные

25) Химическая модификация эпоксидных смол приводит к

- а) изменению надмолекулярной структуры
- б) скорости отверждения
- в) изменению химического строения олигомера

26) Физическая модификация эпоксидных смол это -

- а) обработка растворителем
- б) нагрев
- в) радиационная обработка

27) Какие характеристики имеют экстремальный характер при наполнении?

- а) модуль упругости
- б) диффузия
- в) температура стеклования

### **Полный перечень вопросов к экзамену:**

#### **Основные химические производства.**

1. Понятие химическая технология. Понятие о химико-технологической системе (ХТС). Основные критерии эффективности ХТС. Функциональные элементы химического производства. Сырьевые ресурсы химических производств.
2. Основные типы промышленных химических реакторов. Реакторы для гомогенных и гетерогенных процессов. Основные элементы химико-технологических процессов: механические, гидродинамические, теплообменные, массообменные, реакционные, энергетические аппараты. Оборудование контроля и управления.
3. Природные источники неорганических и органических производств. Вода в химических производствах.
4. Структура химической промышленности. Сырье и базовые продукты химической промышленности.
5. Основные крупнотоннажные химические производства и продукты. Производство минеральных удобрений.
6. Виды и источники энергетических ресурсов химических производств. Природные энергоносители. Мировые запасы нефти.
7. Химический состав нефти. Мировые запасы нефти. Подготовка нефти к переработке. Основные пути переработки нефти. Структура нефтехимического комплекса.

8. Основы процесса ректификации. Типы ректификационных колон. Обменные тарелки. Процессы, протекающие в ректификационной колонне с обменными тарелками. Флегмовое число.
9. Выбор схемы переработки нефти. Разделение многокомпонентной смеси. Химическая переработка нефти.
10. Важнейшие целевые продукты, получаемые из нефти. Физико-химические свойства нефтей и нефтепродуктов.
11. Первичные процессы переработки нефти. Продукты первичной перегонки нефти. Атмосферная и вакуумная перегонка нефти.
12. Вторичные деструктивные процессы переработки нефти. Термические, термokatалитические и термогидрокаталитические процессы переработки нефти.
13. Переработка нефтезаводских газов. Процессы алкилирования. Полимеризация и изомеризация углеводородов.
14. Глубокая переработка нефти с использованием каталитических процессов – основа ресурсосбережения и получения высококачественных моторных топлив и смазочных масел.
15. Производство минеральных удобрений (фосфорных, азотных и комплексных).
16. Схемы связи неорганических и органических производств.
17. Методы переработки фосфорного сырья. Промышленное использование фосфатной руды и продуктов.
18. Круговорот фосфора в природе. Технологии получения фосфорной кислоты. Основные отходы при производстве фосфорной кислоты. Области применения фосфора и его соединений.
19. Получение синтез-газа и продуктов на его основе. Технологическая схема конверсии метана.
20. Физико-химические основы и аппаратное оформление технологических процессов связывания азота.
21. Получение аммиака и азотной кислоты в промышленности. Области применения аммиака и азотной кислоты в промышленности.
22. Технология связывания серы. Способы производства серной кислоты. Производство серной кислоты по методу «двойное контактирование – двойная абсорбция». Области применения серной кислоты и оксидов серы в промышленности.
23. Производство армирующих материалов. Основные способы получения органических и неорганических волокон. Основные свойства волокон. Базальтовое волокно и продукты на его основе.
24. Сырьевая база для производства материалов. Степень извлечения полезных компонентов из руд (на примере металлов). Основные направления экономии материалов (на примере металлов).
25. Комплексная переработка сырья. Комплексная переработка фосфорного сырья.
26. Полимерные композиционные материалы - определение, типы, уровни анализа свойств.
27. Полимерные композиционные материалы на основе термопластов, типы, методы получения и свойства. Примеры изделий на их основе.
28. Полимерные композиционные материалы на основе реактопластов, типы, методы получения и свойства. Примеры изделий на их основе.
29. Горение полимеров, стадии горения, Методы анализа горючести. Различия коксообразующих и некоксообразующих полимеров. Типы антипиренов, подходы к выбору антипиренов.

30. Эпоксидные смолы, типы, механизмы отверждения, влияние сетчатой структуры на свойства полимерных композиционных материалов.
31. Методы получения водорода: преимущества, недостатки.
32. Методы хранения водорода, основанные на физических процессах.
33. Методы хранения водорода, основанные на хемосорбционных процессах и реакциях.
34. Типы и свойства аккумулирующих материалов на основе гидридов.
35. Типы химических источников тока. Водородный топливный элемент, принцип действия, проблемы
36. Основные мембранные методы очистки воды. Ультрафильтрация и микрофильтрация. Обратный осмос. Электродиализ. Мембранная дистилляция. Движущие силы процессов.
37. Механизм массопереноса и селективность непористых полимерных мембран. Первопорация и пертрация.
38. Физико-химические основы интеркалирования графита. Технологическая схема получения интеркалированного графита.
39. Физико-химические основы терморасширения интеркалированного графита. Технологическая схема получения пенографита.
40. Низкоплотный углеродный материал - графитовая фольга. Факторы, определяющие свойства фольги.
41. Основные физико-механические свойства графитовой фольги, методы определения.
42. Основы производства материалов на основе пенографита. Области применения пенографита.
43. Экономические показатели эффективности действующих производств. Основные ресурсы предприятия, структура затрат на производство, формирование цены товарной продукции. Постоянные и переменные затраты, анализ порога безубыточности.
44. Экономические показатели эффективности инвестиционных проектов. Особенности долгосрочного вложения денежных средств, понятие процедуры дисконтирования, коэффициент дисконтирования, норма дисконта. Факторы неблагоприятного инвестиционного климата.

### **Теоретические вопросы химической технологии.**

1. Цикл (машина) Карно. Эквивалентность рабочих тел в машине Карно, функция Карно. Вывод формулы для коэффициента полезного действия цикла Карно. Температурная шкала. Абсолютная температура. Температурная шкала Кельвина. Практические шкалы для измерения температуры. Экспериментальное подтверждение Джоулем Второго начала термодинамики.
2. Квалифицированная и неквалифицированная энергия. Особенности взаимного преобразования квалифицированной и неквалифицированной энергии. Цикл Карно как термодинамический оператор оценки эффективности источников теплоты.
3. Стационарное энергопреобразующее устройство. Вывод формулы для коэффициента полезного действия (КПД) для обратимого стационарного энергопреобразующего устройства. КПД цикла Карно. Принципиальное отличие цикла Карно и обратимого энергопреобразующего устройства.

4. Вывод формулы для коэффициента полезного действия (КПД) для обратимого стационарного энергопреобразующего устройства. Фотоэлектрический преобразователь. КПД фотоэлектрического преобразователя. Сравнение КПД фотоэлектрического преобразователя и цикла Карно.
5. Вывод формулы коэффициента полезного действия (КПД) для обратимого стационарного энергопреобразующего устройства. Топливный элемент. КПД водородного топливного элемента.
6. Тепловые насосы. Принципиальная схема компрессионного и адсорбционного тепловых насосов. Вывод формул для оценки эффективности обоих типов тепловых насосов. Возможные причины снижения эффективности тепловых насосов.
7. Принципиальная необратимость электронагревательного устройства. Производство энтропии в электронагревательном устройстве. Основные причины необратимости в химической технологии. Принцип локального термодинамического равновесия как способ, позволяющий распространить понятия классической термодинамики для описания неравновесных систем.
8. Классификация химико-технологических систем по способу взаимодействия с окружающей средой. Условие Гиббса равновесия тела и окружающей среды (вывод). Эксергия. Схема универсальной процедуры эксергетического анализа применительно к химико-технологической системе. Ограниченность понятия «машина Карно» с точки зрения эксергетического анализа. Оператор Карно.
9. Неравенство Клаузиуса. Производство (генерация) энтропии. Общее уравнение для скорости изменения экстенсивного свойства тела. Общее уравнение для скорости изменения энтропии тела. Частные случаи баланса энтропии тела за некоторый промежуток времени.
10. Химико-технологические системы (ХТС). Классификация ХТС по способу взаимодействия с окружающей средой. Основные типы преобразования вещества в ХТС. Принцип многостадийности на примере производства азотной кислоты. Основные критерии эффективности ХТС и их связь с фундаментальными законами.
11. Вывод уравнений материального баланса для химико-технологической системы (ХТС) с произвольным числом входов материальных потоков. Незамкнутость полученной системы уравнений. Возможные условия замыкания полученной системы. Вывод уравнения энергетического баланса для ХТС с произвольным числом входов материальных и тепловых потоков.
12. Вывод уравнений баланса энтропии и эксергии для химико-технологической системы (ХТС) с произвольным числом входов материальных и тепловых потоков. Суммарная работа, совершаемая ХТС над окружающими телами. Схема универсальной процедуры эксергетического анализа применительно к ХТС.
13. Потери эксергии. Теорема Гюи – Стодолы. Коэффициент преобразования эксергии. Понятие о диаграммах Грассмана – Шаргута. Блок-схема и диаграммы Грассмана – Шаргута для электрогенерирующей установки.
14. Энергетическая эффективность получения водорода электролизом воды. Анодные и катодные полуреакции в кислой и щелочной средах. Общее уравнение баланса энтропии для стационарного электролиза. Уравнения баланса энтропии для обратимого и термически равновесного электролиза. Вывод формул для напряжения разложения воды и потерь эксергии в обратимом и термически равновесном электролизе.
15. Схема получения водорода парофазной конверсией метана, брутто-схемы основных реакций. Количество линейно независимых брутто-схем реакций с участием  $n$  веществ, составленных из  $m$  химических элементов. Основные причины потерь эксергии в

процессе парофазной конверсии метана. Вывести формулу для расчета потерь эксергии при изотермическом и изобарическом смешении одного моля метана с  $k$  молями воды. Вывести формулу для расчета потерь эксергии при теплопередаче через стенку каталитической трубки.

16. Установление теплового равновесия между двумя телами, изолированными от окружения. Вывести формулу для расчета потерь эксергии в квазиравновесном процессе теплообмена. Сравнить обратимый и квазистатический процессы при условии, что начальное и конечное состояния системы совпадают.
17. Установление равновесия в замкнутой системе при изотермическом и изобарическом смешении двух идеальных газов. Рассмотреть квазистатический процесс и обратимый процесс. Рассчитать потери эксергии при квазистатическом смешении. Сравнить обратимый и квазистатический процессы при условии, что начальное и конечное состояния системы совпадают.
18. Установление равновесия в замкнутой системе при газофазной химической реакции в условиях постоянного давления и температуры. Рассмотреть квазистатическую и обратимую реакции. Рассчитать потери эксергии при квазистатическом протекании реакции. Сравнить обратимый и квазистатический процессы при условии, что начальное и конечное состояния системы совпадают.
19. Интенсивность перемешивания в объеме реактора: предельные случаи. Основные характеристики интенсивности перемешивания. Функция распределения времени пребывания внутри аппарата, или I-кривая. Дифференциальная функция распределения времени пребывания, или E-кривая. Соотношение между I-кривой и E-кривой. Показать эквивалентность двух определений среднего времени пребывания – гидродинамическое среднее время и первый момент E-кривой.
20. Простые модели реакторов, описывающие предельные режимы интенсивности перемешивания: реакторы идеального перемешивания и вытеснения. Среднее время пребывания, I-кривая и E-кривая для реактора идеального вытеснения и вытеснения.
21. Секционирование реакционного объема: организация каскада ячеек идеального перемешивания внутри реактора идеального перемешивания. Преимущество секционирования объема реактора. Сравнение среднего времени пребывания и дисперсии E-кривой для каскада реакторов идеального перемешивания и секционированного реактора.
22. Экспериментальные методы определения I-кривой и E-кривой. Метод ступенчатого ввода трассирующей метки, F-кривая. Связь F-кривой с I-кривой и E-кривой. Метод импульсного ввода трассирующей метки, C-кривая. Связь C-кривой с E-кривой.
23. Проблема масштабного перехода в химической технологии. Коэффициент масштабного перехода. Теория продольной дисперсии Тейлора. Упрощенный вывод формулы для коэффициента продольной дисперсии.
24. Дисперсия в газовых адсорберах. Основные факторы, оказывающие влияние на эффективность разделения в адсорберах. Вывод формулы Ван Димтера для эффективного коэффициента продольной дисперсии.
25. Основные особенности жидких масс, которые необходимо учитывать при описании движений жидких масс. Подходы Лагранжа и Эйлера при описании движений жидких масс. Субстанциональная производная. Массовые и поверхностные силы, учитываемые при описании движений жидких масс. Тензор напряжений.
26. Движение однокомпонентной однородной жидкости: закон сохранения массы и уравнение неразрывности; закон сохранения импульса и уравнения движения.
27. Представление тензора напряжений суммой тензора давлений и тензора вязких напряжений. Уравнения Эйлера движения идеальной (невязкой) жидкости. Уравнения Навье – Стокса движения вязкой жидкости.

28. Стационарное движение идеальной жидкости несжимаемой жидкости. Вывод формулы интеграла Бернулли для несжимаемой идеальной жидкости. Эффект эжекции, формула Торричелли.
29. Распространение малых возмущений в идеальной сжимаемой среде. Адиабата Пуассона. Вывод уравнения звуковой волны. Расчет скорости звука в изотермическом режиме и изоэнтропном режиме, сравнение с экспериментом.
30. Распространение конечных возмущений в идеальной сжимаемой среде. Ударная волна. Фронт ударной волны. Уравнения баланса массы, импульса и энергии на фронте ударной волны. Адиабата Гюгонио (схема вывода). Отличие адиабат Пуассона и Гюгонио. Предел сжатия в ударной волне.
31. Адиабата Гюгонио (схема вывода). Отличие адиабаты Гюгонио от адиабаты Пуассона. Предел сжатия в ударной волне. Числа Маха для потока газа, втекающего в ударную волну, и для потока газа, вытекающего из ударной волны. Переход ударной волны в звуковую волну.
32. Стационарное движение газа в сужающемся канале, течение Гюгонио. Вывод уравнения движения газа в канале переменного сечения. Влияние числа Маха на характер течения Гюгонио. Сопло Лавалья. Формулы для расчета истечения газа из резервуара.
33. Интеграл Бернулли для стационарного изоэнтропного движения сжимаемой среды (газ). Вывод формулы Бернулли, основанный на Первом начале термодинамики. Полная энтальпия единицы массы движущегося газа. Температура торможения газового потока. Взаимопревращение кинетической энергии движущегося газа и энергии теплового движения молекул.
34. Возникновение устойчивого температурного градиента в закрученном газовом потоке - эффект Ранка. Вывод формулы для расчета распределения температуры в стационарном закрученном потоке идеального газа с использованием адиабаты Пуассона. Численная оценка перепада температур в закрученном потоке.
35. Стационарное движение вязкой жидкости в плоской щели. Профиль скорости жидкости по сечению щели. Максимальная скорость движения жидкости, средняя скорость движения и массовый расход жидкости через сечение.
36. Макрокинетический анализ в химической технологии. Взаимодействие и взаимообусловленность химических и транспортных стадий. Характерные пространственно-временные масштабы. Безразмерные числа и критерии, в чем их различие. Основные безразмерные числа и их физико-химический смысл: числа Дамкелера, Био, Пекле, Шервуда, Прандтля, Шмидта, Нуссельта, Рейнольдса, Рэлея.

### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные	Сформированные систематиче-

	знаний		знания	ские знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<p>Знать: основные этапы создания химико-технологических систем, принципы и общую стратегию системного подхода</p> <p>Знать: общие вопросы и проблемы химической технологии, роль и масштабы использования химических процессов в различных сферах материального производства</p> <p>Знать: сырьевую и энергетическую базы химических производств</p> <p>Знать: тенденции развития техносферы и возрастающее значение проблемы ресурсо- и энергосбережения, обеспечения безопасности химических производств, защиты окружающей среды</p> <p>Знать: типовые решения химико-технологических задач, структуру и технологические схемы основных химических производств: технология связывания азота, переработка фосфорсодержащего сырья, получение серной и азотной кислот, переработка нефти, производство полиэтилена и полимерных волокон, композиционных материалов, материалов на основе углерода, производство железа и алюминия, электрохимические производства</p> <p>Знать: правила техники безопасности при работе в химической лаборатории</p> <p>Знать типы функциональных материалов в химической технологии: катализаторы, адсорбенты, электроды, мембраны, сенсоры и др.</p> <p>Знать: роль математического моделирования в решении задач проектирования и эксплуатации химико-технологических систем (ХТС)</p> <p>Знать: фундаментальные критерии эффективности использования сырья и энергоресурсов в ХТС, основные направления повышения эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Уметь: формулировать научные гипотезы при обсуждении литературных и собственных данных</p> <p>Уметь: выбирать коммуникативно приемлемый стиль делового общения, использовать необходимые языковые средства, тактики и стратегии для решения коммуникативных задач в академической и профессиональной сферах</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>

<p>Уметь: работать с учебными и научными текстами разного уровня сложности, отвечающими задачам профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: систематизировать материалы по составу, свойствам и функциональному назначению</p> <p>Уметь: оценить весь промышленный объект как большую химико-технологическую систему и грамотно описать ее иерархическую структуру</p> <p>Уметь: читать технологические схемы реальных химических производств</p> <p>Уметь: составить энергетический и материальный баланс ХТС, отдельного производства или предприятия</p> <p>Уметь: оценить экономические показатели эффективности химических производств и дать оценку эффективности инвестиционных проектов</p>	
<p>Владеть: методами оценки опасности химического производства</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>