

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/  
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
Лабораторные работы по химической технологии**

**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 ионных и молекулярных 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 №7 от 07.07.2021)

Москва 2021

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 29 декабря 2018 года № 1770.

Год (годы) приема на обучение 2021/2022

---

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

2. 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>Формируемые компетенции</b>	<b>Индикаторы достижения</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<b>УК-7.С</b> Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии в академической и профессиональной сферах	<b>УК-7.С.2</b> Реализует навыки обработки и представления информации с использованием современных компьютерных технологий	<b>Уметь:</b> пользоваться программными средствами, автоматизирующими обработку данных (управление базами данных, статистическая обработка, визуализация и т.п.)
<b>ОПК-1.С.</b> Способен решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	<b>ОПК-1.С.1.</b> Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных	<b>Уметь:</b> использовать знания, приобретенные в курсе химической технологии, для анализа и объяснения полученных экспериментальных результатов
<b>ОПК-2.С.</b> Способен проводить химический эксперимент с соблюдением норм безопасного обращения с химическими материалами, адекватно оценивая возможные риски с учетом свойств веществ	<b>ОПК-2.С.1.</b> Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<b>Знать:</b> правила техники безопасности при работе в химической лаборатории <b>Уметь:</b> работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности
	<b>ОПК-2.С.2.</b> Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик	<b>Уметь:</b> проводить синтез функциональных и конструкционных материалов различной природы
	<b>ОПК-2.3.С.</b> Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе	<b>Уметь:</b> корректно интерпретировать результаты определения химического и фазового состава веществ и материалов различной природы <b>Уметь:</b> пользоваться лабораторным и полупромышленным оборудованием при решении химико-технологических задач <b>Владеть</b> методологией исследований функциональных свойств материалов

<p><b>ОПК-3.</b> Способность использовать методы регистрации и обработки результатов экспериментов, в том числе, полученных на современном научном оборудовании</p>	<p><b>ОПК-3.1.С.</b> Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного и оригинального научного оборудования</p>	<p><b>Знать:</b> требования к оформлению и представлению результатов химико-технологических экспериментов  <b>Уметь:</b> получать экспериментальные данные о свойствах функциональных и конструкционных материалов, проводить их математическую обработку  <b>Владеть:</b> навыками оформления протоколов результатов изучения различных материалов и процессов химической технологии</p>
	<p><b>ОПК-3.С.2.</b> Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений</p>	<p><b>Уметь:</b> проводить математическую обработку экспериментальных данных, обобщать полученные результаты  <b>Владеть:</b> простейшими расчетными методами решения задач в области химической технологии</p>
<p><b>ОПК-4.С.</b> Способность создавать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты</p>	<p><b>ОПК-4.С.1</b> Предлагает математические и (или) физические модели химических процессов</p>	<p><b>Уметь:</b> составлять интегральные уравнения баланса материальных и энергетических потоков в технологических системах  <b>Уметь:</b> использовать AspenONE для моделирования и оптимизации химико-технологических процессов</p>
<p><b>ОПК-8.С.</b> Способен применять стандартные и/или разрабатывать оригинальные программные продукты для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности</p>	<p><b>ОПК-8.С.1</b> Использует стандартное программное обеспечение и базы данных при изучении свойств веществ, материалов и процессов с их участием</p>	<p><b>Знать:</b> стандартное программное обеспечение для обработки результатов эксперимента  <b>Уметь:</b> обрабатывать результаты измерений с помощью стандартного программного обеспечения</p>
<p><b>ОПК-9.С.</b> Способность представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе</p>	<p><b>ОПК-9.С.1.</b> Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке</p>	<p><b>Знать:</b> требования к оформлению и представлению результатов химико-технологических работ  <b>Владеть:</b> навыками оформления протоколов химико-технологических исследований</p>

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:  
*Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 58 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (56 часов – лабораторные занятия, 2 часов – занятия для промежуточного контроля), 14 часов составляет самостоятельная работа учащегося.*

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

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся должен:

**знать:** основные свойства химических элементов и их соединений, закономерности химических равновесий и процессов в гомогенных и гетерогенных системах;

**уметь:** получать экспериментальные данные, проводить их математическую обработку, обобщать полученные результаты;

**владеть:** техникой химического эксперимента, простейшими расчетными методами решения химических задач

5. 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					Самостоятельная работа обучающегося, часы			
		из них					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. П.	Всего
Структура и технологические схе-	16		12				12			4

мы химических производств.									
Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств	<b>20</b>		16			<b>16</b>			4
Математическое моделирование в решении задач проектирования и эксплуатации химико-технологических систем.	<b>34</b>		28			<b>28</b>			6
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	<b>2</b>				2	<b>2</b>			
<b>Итого</b>	<b>72</b>		<b>56</b>		<b>2</b>	<b>58</b>			<b>14</b>

#### Список лабораторных работ

№ ЛР	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	Введение в моделирование и оптимизацию химико-технологических процессов в AspenONE. Химические превращения и выбор реакторов.	4
2	Введение в моделирование и оптимизацию химико-технологических процессов AspenONE. Процессы и технологии нефтепереработки.	4
3	Введение в моделирование и оптимизацию химико-технологических процессов AspenONE. Технологические процессы подготовки природного газа.	4
4	Процессы разделения газовых смесей из воздуха газов на мембранных модулях.	4
5	Основы технологии пенографита.	4
6	Механо-прочностные свойства графитовой фольги в зависимости от условий получения.	
7	Технология изготовления уплотнений на действующем производстве ( ЗАО «УНИХИМТЕК» г. Климовск)	4
8	Экологические проблемы нефтепереработки. Сорбция нефти	4
9	Получение армирующих материалов на примере базальтового волокна.	4
10	Полимерные композиционные материалы. Технология получения образцов методом вакуумной инфузии.	4
11	Полимерные композиционные материалы. Технология получения образцов из препрегов.	
12	Полимерные композиционные материалы. Методы определения прочностных свойств.	4

13	Полимерные композиционные материалы. Выбор технологии получения деталей сложной формы	4
14	Определение коэффициента теплообмена.	4
15	Термодинамическая эффективность дистиллятора очистки воды от минеральных солей.	4
16	Электрофизические свойства керамики в зависимости от условий получения.	4
17	Основы технологии топливных элементов.	4

Каждый студент выполняет 10 лабораторных работ. Пять лабораторных работ №№ 1, 2, 5, 14, 15 являются обязательными. Остальные 5 лабораторных работ студент выбирает самостоятельно из предложенного списка

№ занятия	Тема расчетной работы	Кол-во часов
1	От колбы к реактору.	4
2	Метод интегральных балансов для анализа химико-технологических процессов: Интегральные балансы потоков массы, энергии и энтропии.	4
3	Метод интегральных балансов для анализа химико-технологических процессов: Генерация энтропии в простых технологических операциях (теплообмен, перемешивание, химическая реакция).	4
4	Метод интегральных балансов для анализа химико-технологических процессов: Эксергия и коэффициент преобразования энергии. Интегральный баланс потоков энергии.	4
5	Метод интегральных балансов для анализа химико-технологических процессов: Применение метода интегральных балансов для сравнения эффективности технологий промышленного получения водорода паровой конверсией и электролиза воды.	4

Каждый студент выполняет 4 расчетных работы из предложенного списка

#### 6. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

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

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

## 8. 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

1. Гасанова Л.Г., Яблокова М.Ю., Барышникова О.В. Введение в моделирование и оптимизацию процессов химической технологии в AspenOne®: очистка кислых газов водными растворами этаноламинов. Москва, 2012, с. 59.
2. Гасанова Л.Г., Яблокова М.Ю. Введение в моделирование и оптимизацию процессов химической технологии в AspenOne®: получение пропиленгликоля. Москва, 2012, с.43.
3. Гасанова Л.Г., Яблокова М.Ю. Введение в моделирование и оптимизацию процессов химической технологии в AspenOne®: выбор реактора и условий его работы. Москва, 2012, с.52.
4. Лазоряк Б.И., Моисеев Е.А., Гутников С.И. Получение и изучение физико-механических свойств непрерывных волокон. Москва, 2007, с.64.
5. Лазоряк Б.И., Стефанович С.Ю. Определение электрофизических свойств твердых материалов. Москва, 2012, с.43.
6. Пожарский С.Б., Макунин А.В., Грановский М.С., Левченко С.Л. Оценка эффективности очистки воды от минеральных солей в дистилляторе. Москва. 2007, с. 24.
7. Сорокина Н.Е., Лешин В.С., Максимова Н.В., Ионов С.Г., Авдеев В.В. Технология получения терморасширенного графита и графитовой фольги. Методы исследования их физико-химических свойств, Москва, 2007, 47 с.
8. Сафонов М.С., Пожарский С.Б. Метод интегральных уравнений баланса потоков массы, энергии и эксергии в анализе химико-технологических систем. Москва, 2003, с.93.
9. Архангельский И.В., Добровольский Ю.А., Смирнова Т.Н., Саввин С.Н., Лысков Н.В., Дунаев А.В., Рогачева А.Е., Авдеев В.В. Низкотемпературные топливные элементы с протонпроводящей полимерной мембраной: теоретические основы, материалы и конструкции. Москва, 2007, с. 84.
10. Хейфец Л.И., Окунев Б.Н., Павлов Ю.В. Определение коэффициента теплообмена. Москва, 2013, с.33.
11. Тепляков В.В., Алентьев А.Ю., Малых О.В., Костина Ю.В. Сравнительный анализ мембранных модулей различного типа для получения азотсодержащих газовых смесей из воздуха. Москва, 2010, с.32.
12. Яблокова М.Ю. Полимерные композиционные материалы: методы получения. Москва, 2011, с.56.
13. Игнатенков В. И. Общая химическая технология: теория, примеры, задачи 2-е изд. Учебное пособие для вузов. Юрайт. 2021.



### **Программное обеспечение современных информационных компьютерных технологий**

- Для практикума по оптимизации и проектированию химико-технологических процессов необходимо программное обеспечение (поставляемое только для учебных целей) :
- - университетская лицензия и программа AspenOne, производитель и поставщик Aspen Technology, Inc., USA.
- - университетская лицензия и программа VMGsim, производитель и поставщик Virtual Materials Group, Inc., Canada.
- - Программа "GKSS" для расчета характеристик газо- и паропроницаемости пленочных образцов, GKSS – программа (Германия)
- - Программа хроматографического анализа (газовой хроматографии) "ЕКОХРОМ", Россия.
- - Программа хроматографического анализа "Феникс" версия 3.32, BSoft, Россия.

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

- Описание материально-технической базы.

**110** Лабораторное помещение, рассчитанное на **8** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; муфельная печь – 2 шт., лабораторная установка для вспенивания окисленного графита

**112** Лабораторное помещение, рассчитанное на **8** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; сушильный шкаф – 1 шт., установка молекулярной дистилляции – 1 шт.

**201** Лабораторное помещение, рассчитанное на **16** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; дистилляционная установка для оценки термодинамической эффективности процесса очистки воды – 2 шт., термостаты для определения коэффициента теплообмена – 4 шт.

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: 2 преподавателя в каждой группе потока – сотрудники кафедры химической технологии

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

#### **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

При допуске к выполнению работ проводится краткое собеседование, основные вопросы обсуждаются при сдаче выполненной задачи практикума.

Примеры вопросов:

- 1) На конкретном примере объясните выбор компонентов при моделировании гомогенных равновесий в AspenONE.
- 2) Какую практически важную информацию можно получить при моделировании технологических процессов в AspenONE
- 3) Поясните принципы выбора химических превращений и реакторов в AspenONE.
- 4) Какие модельные представления используются при оптимизации нефтехимических процессов в AspenONE.
- 5) Перечислите известные Вам типы реакторы, поясните, как проводится расчет параметров и выбор реактора в AspenONE
- 6) Что такое «оптимальная конверсия»?
- 7) Приведите примеры каскадов и сочетания реакторов.
  
- 8) Перечислите факторы, влияющие на свойства графитовой фольги.
- 9) Перечислите стадии получения низкоплотного углеродного материала.
- 10) Приведите технологическую схему получения пенографита.
- 11) Поясните, как можно определить коэффициент теплообмена.
- 12) Объясните, как оценивается термодинамическая эффективность дистиллятора очистки воды от минеральных солей.

### 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 знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические 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

<p align="center"><b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ</b> <b>по дисциплине (модулю)</b></p>	<p align="center"><b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b></p>
<p>Знать: правила техники безопасности при работе в химической лаборатории  Знать: требования к оформлению и представлению результатов химико-технологических экспериментов  Знать: стандартное программное обеспечение для обработки результатов эксперимента  Знать: требования к оформлению и представлению результатов химико-технологических работ</p>	<p align="center">мероприятия текущего контроля успеваемости, допуск к задаче</p>
<p>Уметь: пользоваться программными средствами, автоматизирующими обработку данных (управление базами данных, статистическая обработка, визуализация и т.п.)  Уметь: работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности  Уметь: проводить синтез функциональных и конструкционных материалов различной природы  Уметь: корректно интерпретировать результаты определения химического и фазового состава веществ и материалов различной природы  Уметь: пользоваться лабораторным и полупромышленным оборудованием при решении химико-технологических задач  Уметь: получать экспериментальные данные о свойствах функциональных и конструкционных материалов, проводить их математическую обработку  Уметь: проводить математическую обработку экспериментальных данных, обобщать полученные результаты  Уметь: составлять интегральные уравнения баланса материальных и энергетических потоков в технологических системах  Уметь: использовать AspenONE для моделирования и оптимизации химико-технологических процессов  Уметь: обрабатывать результаты измерений с помощью стандартного программного обеспечения</p>	<p align="center">мероприятия текущего контроля успеваемости</p>
<p>Владеть методологией исследований функциональных свойств материалов  Владеть: навыками оформления протоколов результатов изучения различных материалов и процессов химической технологии  Владеть: простейшими расчетными методами решения задач в области химической технологии  Владеть: навыками оформления протоколов химико-технологических исследований</p>	<p align="center">мероприятия текущего контроля успеваемости</p>