

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по учебной работе



С.Н. Филатов

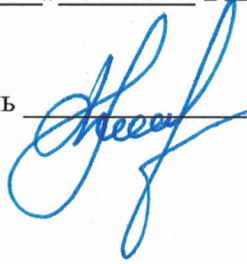
«25» мар 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ОБЩАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мар 2021 г.

Председатель  Н.А. Макаров

**Москва 2021**

Программа составлена:

доцентом кафедры ОХТ, к.т.н., Давидхановой М.Г.

ассистентом кафедры ОХТ, Дубко А.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Общей химической технологии «17» мая 2021 г., протокол № 12.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Общей химической технологии** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение **одного** семестра.

Дисциплина **«Общая химическая технология»** относится к обязательной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии.

**Цель дисциплины** – получение знаний в области реализации химико-технологических процессов с учетом физико-химических особенностей протекающих реакций, выбора оптимальных условий реализуемых процессов, выбора эффективных реакторов, приобретения навыков в составлении материальных и тепловых балансов, в расчете процессов и реакторов на основе математического моделирования, получения знаний в области разработки энергосберегающих химико-технологических систем (ХТС), безотходных и малоотходных технологий на примере современных производств.

### **Задачи дисциплины:**

- изучение химического производства как химико-технологической системы, ее организации, структуры и функционирования;
- изучение методов балансовых расчетов, анализа химического производства, определения его эффективности;
- обучение методам и приемам разработки ХТС и оптимальной организации химико-технологических процессов в ней;
- развитие инженерного мышления и эрудиции при анализе и синтезе химико-технологических систем;
- знакомство с некоторыми конкретными химическими производствами, на примере которых предметно демонстрируются основные теоретические положения курса.

Дисциплина **«Общая химическая технология»** преподается в **6-ом** или **7-ом** семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

### **Общепрофессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

| Наименование категории (группы) ОПК     | Код и наименование ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                | Код и наименование индикатора достижения ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Инженерная и технологическая подготовка | ОПК-4.<br>Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья | ОПК-4.4.<br>Знает основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру; общие закономерности химических процессов; основные химические производства<br><br>ОПК-4.5.<br>Знает основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии<br><br>ОПК-4.8.<br>Умеет рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства<br><br>ОПК-4.9.<br>Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе<br><br>ОПК-4.14.<br>Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов |

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основы теории химических процессов и реакторов;
- методологию исследования взаимодействия химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях;
- методику выбора реактора и расчёта процесса в нем;
- основные реакционные процессы и реакторы химической и биотехнологии;
- основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру, методы оценки эффективности производства;
- основные химические производства.

*Уметь:*

- рассчитать основные характеристики химического процесса;
- выбрать рациональную схему производства заданного продукта;
- оценить технологическую эффективность производства;
- выбрать эффективный тип реактора;
- провести расчет технологических параметров для заданного процесса;
- определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.

*Владеть:*

- методами анализа эффективности работы химических производств;
- методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей;
- методами выбора химических реакторов.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

#### Очная форма обучения

| Вид учебной работы                             | Объем дисциплины |            |            |
|------------------------------------------------|------------------|------------|------------|
|                                                | ЗЕ               | Акад. ч.   | Астр. ч.   |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>7</b>         | <b>252</b> | <b>189</b> |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>2,67</b>      | <b>96</b>  | <b>72</b>  |
| Лекции                                         | 0,89             | 32         | 24         |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,89             | 32         | 24         |
| Лабораторные работы (ЛР)                       | 0,89             | 32         | 24         |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>3,33</b>      | <b>120</b> | <b>90</b>  |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   | 3,33             | 120        | 90         |
| <b>Вид контроля:</b>                           |                  |            |            |
| <b>Экзамен</b>                                 | <b>1</b>         | <b>36</b>  | <b>27</b>  |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   | 1                | 0,4        | 0,3        |
| Подготовка к экзамену                          |                  | 35,6       | 26,7       |
| <b>Вид итогового контроля</b>                  | <b>экзамен</b>   |            |            |

#### Заочная форма обучения

| Вид учебной работы                             | Объем дисциплины |            |               |
|------------------------------------------------|------------------|------------|---------------|
|                                                | ЗЕ               | Акад. ч.   | Астр. ч.      |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>7</b>         | <b>252</b> | <b>189</b>    |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>0,66</b>      | <b>24</b>  | <b>18</b>     |
| Лекции                                         | 0,22             | 8          | 6             |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,22             | 8          | 6             |
| Лабораторные работы (ЛР)                       | 0,22             | 8          | 6             |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>6,09</b>      | <b>219</b> | <b>164,25</b> |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   | 6,09             | 219        | 164,25        |
| <b>Вид контроля:</b>                           |                  |            |               |
| <b>Экзамен</b>                                 | <b>0,25</b>      | <b>9</b>   | <b>6,75</b>   |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   | 0,25             | 0,4        | 0,3           |
| Подготовка к экзамену                          |                  | 8,6        | 6,45          |
| <b>Вид итогового контроля</b>                  | <b>экзамен</b>   |            |               |

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для очной формы обучения

| №<br>п/п  | Раздел дисциплины                                                                           | Академ. часов |           |           |           |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|
|           |                                                                                             | Всего         | Лек       | ПЗ        | ЛР        | СР         |
| <b>1.</b> | <b>Раздел 1.<br/>Химическая технология и<br/>химическое производство</b>                    | <b>26</b>     | <b>6</b>  | <b>-</b>  | <b>-</b>  | <b>20</b>  |
| 1.1       | Основные определения и положения                                                            | 6             | 1         | -         | -         | 5          |
| 1.2       | Химическое производство                                                                     | 7             | 2         | -         | -         | 5          |
| 1.3       | Сырьевые ресурсы, вода и энергия в<br>химическом производстве                               | 13            | 3         | -         | -         | 10         |
| <b>2.</b> | <b>Раздел 2.<br/>Теоретические основы химических<br/>процессов и реакторов</b>              | <b>94</b>     | <b>16</b> | <b>14</b> | <b>24</b> | <b>40</b>  |
| 2.1       | Основные определения и положения                                                            | 14            | 3         | 2         | 4         | 5          |
| 2.2       | Химические процессы                                                                         | 35            | 6         | 5         | 14        | 10         |
| 2.3       | Химические реакторы                                                                         | 33            | 5         | 7         | 6         | 15         |
| 2.4       | Промышленные химические<br>реакторы                                                         | 12            | 2         | -         | -         | 10         |
| <b>3.</b> | <b>Раздел 3. Химическое<br/>производство, как химико-<br/>технологическая система (ХТС)</b> | <b>48</b>     | <b>6</b>  | <b>12</b> | <b>-</b>  | <b>30</b>  |
| 3.1       | Структура и описание химико-<br>технологической системы                                     | 9             | 2         | 2         | -         | 5          |
| 3.2       | Анализ ХТС                                                                                  | 22            | 2         | 5         | -         | 15         |
| 3.3       | Синтез ХТС                                                                                  | 17            | 2         | 5         | -         | 10         |
| <b>4.</b> | <b>Раздел 4. Промышленные<br/>химические производства</b>                                   | <b>37</b>     | <b>3</b>  | <b>6</b>  | <b>8</b>  | <b>20</b>  |
| <b>5.</b> | <b>Раздел 5. Современные тенденции в<br/>развитии химической технологии</b>                 | <b>11</b>     | <b>1</b>  | <b>-</b>  | <b>-</b>  | <b>10</b>  |
|           | <b>ИТОГО</b>                                                                                | <b>216</b>    | <b>32</b> | <b>32</b> | <b>32</b> | <b>120</b> |
|           | <b>Экзамен</b>                                                                              | <b>36</b>     |           |           |           |            |
|           | <b>ИТОГО</b>                                                                                | <b>252</b>    |           |           |           |            |

#### 4.2. Разделы дисциплины и виды занятий для заочной формы обучения

| №<br>п/п  | Раздел дисциплины                                                                           | Академ. часов |             |            |          |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|------------|----------|------------|
|           |                                                                                             | Всего         | Лек         | ПЗ         | ЛР       | СР         |
| <b>1.</b> | <b>Раздел 1.<br/>Химическая технология и<br/>химическое производство</b>                    | <b>36,5</b>   | <b>1,5</b>  | <b>-</b>   | <b>-</b> | <b>35</b>  |
| 1.1       | Основные определения и положения                                                            | 7,25          | 0,25        | -          | -        | 7          |
| 1.2       | Химическое производство                                                                     | 8,5           | 0,5         | -          | -        | 8          |
| 1.3       | Сырьевые ресурсы, вода и энергия в химическом производстве                                  | 20,75         | 0,75        | -          | -        | 20         |
| <b>2.</b> | <b>Раздел 2.<br/>Теоретические основы химических<br/>процессов и реакторов</b>              | <b>86,5</b>   | <b>4</b>    | <b>3,5</b> | <b>6</b> | <b>73</b>  |
| 2.1       | Основные определения и положения                                                            | 10,25         | 0,75        | 0,5        | 1        | 8          |
| 2.2       | Химические процессы                                                                         | 21,25         | 1,5         | 1,25       | 3,5      | 15         |
| 2.3       | Химические реакторы                                                                         | 34,5          | 1,25        | 1,75       | 1,5      | 30         |
| 2.4       | Промышленные химические реакторы                                                            | 20,5          | 0,5         | -          | -        | 20         |
| <b>3.</b> | <b>Раздел 3. Химическое<br/>производство, как химико-<br/>технологическая система (ХТС)</b> | <b>59,5</b>   | <b>1,5</b>  | <b>3</b>   | <b>-</b> | <b>55</b>  |
| 3.1       | Структура и описание химико-технологической системы                                         | 11            | 0,5         | 0,5        | -        | 10         |
| 3.2       | Анализ ХТС                                                                                  | 26,75         | 0,5         | 1,25       | -        | 25         |
| 3.3       | Синтез ХТС                                                                                  | 21,75         | 0,5         | 1,25       | -        | 20         |
| <b>4.</b> | <b>Раздел 4. Промышленные<br/>химические производства</b>                                   | <b>44,25</b>  | <b>0,75</b> | <b>1,5</b> | <b>2</b> | <b>40</b>  |
| <b>5.</b> | <b>Раздел 5. Современные тенденции в<br/>развитии химической технологии</b>                 | <b>16,25</b>  | <b>0,25</b> | <b>-</b>   | <b>-</b> | <b>16</b>  |
|           | <b>ИТОГО</b>                                                                                | <b>243</b>    | <b>8</b>    | <b>8</b>   | <b>8</b> | <b>219</b> |
|           | <b>Экзамен</b>                                                                              | <b>9</b>      |             |            |          |            |
|           | <b>ИТОГО</b>                                                                                | <b>252</b>    |             |            |          |            |

### **4.3. Содержание разделов дисциплины**

#### **Раздел 1. Химическая технология и химическое производство**

##### **1.1. Основные определения и положения.**

Химическая технология. Объект химической технологии. Межотраслевой характер химической технологии. Развитие химических производств и химической технологии. Место химической технологии в промышленной сфере и методов химической технологии в нехимических отраслях промышленности. Системный анализ сложных схем и взаимодействий элементов схемы – понятие и содержание метода. Физическое и математическое моделирование, определение и основные понятия, их место в инженерно-химических исследованиях и разработках. Место и значение натурального и вычислительного эксперимента. Содержание и задачи учебного курса.

##### **1.2. Химическое производство.**

Понятие о химическом производстве. Многофункциональность химического производства. Общая структура химического производства. Основные подсистемы химического производства. Основные технологические компоненты химического производства.

Качественные и количественные показатели химического производства: технологические, экономические, эксплуатационные, социальные.

##### **1.3. Сырьевые ресурсы, вода и энергия в химическом производстве**

Классификация сырьевых ресурсов по различным признакам – фазовому состоянию, происхождению, источникам. Минеральное сырье (руды и полезные ископаемые), органическое природное сырье (горючие ископаемые), растительное и животное сырье, вторичное сырье – их использование и пути переработки. Основные способы первичной обработки сырья (обогащение, очистка, подготовка к транспортировке и переработке). Понятие, сущность и примеры углубления использования сырья, комбинирования производств и комплексной переработки сырья.

Значение и использование воды в химических производствах. Источники воды. Требования к технологической и бытовой воде. Промышленная подготовка воды и методы ее очистки от примесей. Основные методы контроля качества воды. Экономия водопотребления в производстве. Водооборотные системы.

Виды и источники энергии в химической промышленности. Масштабы потребления и способы уменьшения энергетических затрат. Сущность и примеры регенерации и рекуперации энергии. Энерготехнологические системы. Вторичные энергетические ресурсы.

#### **Раздел 2. Теоретические основы химических процессов и реакторов**

##### **2.1. Основные определения и положения**

Физико-химические закономерности химических превращений – стехиометрические, термодинамические, кинетические. Показатели химического превращения – степень превращения, выход продукта, интегральная и дифференциальная селективности, скорости реакции и превращения реагентов.

##### **2.2. Химические процессы**

Определение. Классификация химических процессов по различным признакам – химическим (вид химической реакции, термодинамические характеристики, схема превращений) и фазовым (число и агрегатное состояние фаз).

Гомогенный химический процесс. Определение и примеры. Влияние химических признаков и условий протекания процесса на его показатели. Способы интенсификации.

Понятие оптимальных температур. Оптимальные температуры для обратимых и необратимых экзо- и эндотермических реакций.

Гетерогенный (некаталитический) химический процесс. Определение и примеры. Структура процесса и его составляющие (стадии). Наблюдаемая скорость химического превращения. Области (режимы) протекания процесса, лимитирующая стадия.

Гетерогенный химический процесс "газ (жидкость) - твердое". Обоснование, построение и анализ математической модели для реакций горения (модель "сжимающаяся сфера") и топохимической (модель "с невзаимодействующим ядром"). Наблюдаемая скорость

превращения, время превращения и пути интенсификации для различных областей протекания процесса.

Гетерогенный химический процесс "газ (жидкость) - жидкость". Обоснование, построение и анализ математической модели. Наблюдаемая скорость превращения и области протекания процесса. Пути интенсификации для различных режимов процесса.

Каталитический процесс. Определение, классификация, примеры. Гетерогенный катализ на твердом катализаторе. Обоснование, построение и анализ математической модели на каталитической поверхности и в пористом зерне катализатора. Наблюдаемая скорость превращения и области протекания процесса. Степень использования внутренней поверхности. Пути интенсификации каталитических процессов.

### **2.3. Химические реакторы**

Определение и назначение химического реактора. Реакторы в химических и нехимических отраслях промышленности. Обзор типов химических реакторов, их структурные элементы (реакционная зона, устройства ввода и вывода, смешения, разделения и распределения потоков, теплообменные элементы), основные процессы и явления в них.

Систематизация процессов в химическом реакторе по масштабу их протекания: химическая реакция, химический процесс в элементарном объеме, процессы в реакционном элементе и в реакторе в целом, их взаимосвязь и иерархическая структура математической модели процесса в реакторе. Примеры процессов в различных видах химических реакторов.

Классификация процессов в реакторах по различным признакам - вид химического процесса, организация потоков реагентов (схема движения реагентов через реактор, структура потоков в реакционной зоне), организация тепловых потоков (тепловой режим, схема теплообмена), стационарность процесса.

Обоснование и построение математической модели процесса в реакторах различного типа как системы уравнений материального и теплового балансов на основе данных о структуре потока, химических превращениях, явлениях переноса тепла и вещества и их взаимодействии. Систематизация и классификация математических моделей процессов в реакторах.

Изотермические процессы в химическом реакторе. Влияние структуры потока (идеальное смешение и вытеснение), стационарности процесса (проточный и периодический), параметров и условий протекания процесса (температура, концентрация, давление, объем реакционной зоны, время), вида химической реакции (простая и сложная, обратимая и необратимая) и ее параметров на профили концентраций и показатели процесса в реакторе (степень превращения, выход продукта, селективность процесса). Основы расчета процесса в реакторе. Сопоставление эффективности процессов в реакторах, описываемых моделями идеального смешения и вытеснения.

Неизотермические процессы в химических реакторах. Организация тепловых потоков и режимов в химических реакторах. Распределение температуры, концентраций и степени превращения в реакторе в режимах идеального смешения и вытеснения, адиабатическом и с теплообменом. Связь температуры и степени превращения в адиабатическом процессе. Сопоставление с изотермическим режимом. Число и устойчивость стационарных режимов в реакторах идеального смешения.

### **2.4. Промышленные химические реакторы**

На конкретных примерах предметно рассматриваются промышленные реакторы для проведения гомогенных, гетерогенных и каталитических процессов – типы реакторов, конструктивные характеристики и особенности режима, области использования.

## **Раздел 3. Химическое производство, как химико-технологическая система**

### **3.1. Структура и описание химико-технологической системы**

Химическое производство как химико-технологическая система (ХТС). Понятие системы и ХТС. Состав ХТС: элементы, связи, подсистемы. Элементы ХТС, классификация по виду процессов и назначению. Технологические связи элементов ХТС (потоки). Последовательная, параллельная, разветвленная, последовательно-обводная (байпас), обратная (рецикл) технологические связи. Их схемы и назначение.

Описание ХТС. Виды моделей ХТС - описательные и графические. Описательные модели - химическая схема и математическая модель. Графические модели - функциональная, технологическая, структурная и другие (специальные) схемы. Назначение, применение и взаимосвязь моделей.

### **3.2. Анализ ХТС**

Понятие, задачи и результаты анализа ХТС - состояние ХТС, материальный и тепловой балансы, показатели химического производства.

Свойства ХТС как системы: взаимосвязанность режимов элементов, различие оптимальности элемента одиночного и в системе, устойчивость и существование стационарных режимов и др.

Материальный и тепловой балансы. Методика составления и расчета материальных и тепловых балансов ХТС и ее подсистем. Особенности расчета балансов в схемах с рециклом. Формы представления балансов (таблицы, диаграммы и др.).

Материальный баланс для массообменных и реакционных элементов. Использование стехиометрических, термодинамических и межфазных балансовых соотношений. Степень использования сырьевых ресурсов.

Энтальпийный, энергетический (по полной энергии) и эксергетический балансы и КПД. Их сопоставление и использование в анализе ХТС.

### **3.3. Синтез ХТС**

Понятие и задачи синтеза ХТС. Основные этапы разработки ХТС. Роль математических и эвристических методов.

Основные концепции при синтезе ХТС: полное использование сырьевых и энергетических ресурсов, минимизация отходов, оптимальное использование аппаратуры. Их содержание и способы реализации. Комбинированные производства, совмещенные процессы, вторичные энергетические ресурсы, энерготехнологические системы, перестраиваемые ХТС, замкнутые, малоотходные производства - их понятия, особенности и применение.

Однородные технологические схемы: система рекуперативного теплообмена, система разделения многокомпонентной смеси, система реакторов. Основы построения их оптимальной структуры

## **Раздел 4. Промышленные химические производства**

Химические производства рассматриваются предметно как реализация изученных теоретических основ химико-технологических процессов и ХТС, концепций построения высокоэффективной ХТС. Основной акцент делается на физико-химические основы концепции построения технологической схемы производства и его подсистем. Производство серной кислоты. Производство аммиака. Производство азотной кислоты. Производство стирола.

## **Раздел 5. Современные тенденции в развитии химической технологии**

Текущее состояние химической промышленности в мире и тенденции ее развития. Перспективные источники сырья и энергии. Кластеризация химической промышленности. Совмещенные процессы. Гибкие и перестраиваемые технологические схемы. Новые химико-технологические процессы и способы получения продуктов. Нанотехнология.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| №               | В результате освоения дисциплины студент должен:                                                                               | Раздел<br>1 | Раздел<br>2 | Раздел<br>3 | Раздел<br>4 | Раздел<br>5 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Знать:</b>   |                                                                                                                                |             |             |             |             |             |
| 1               | основы теории химических процессов и реакторов;                                                                                |             | +           |             |             |             |
| 2               | методологию исследования взаимодействия химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях;                  | +           |             |             |             |             |
| 3               | методику выбора реактора и расчёта процесса в нем;                                                                             |             | +           |             |             |             |
| 4               | основные реакционные процессы и реакторы химической технологии;                                                                |             | +           |             |             |             |
| 5               | основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру, методы оценки эффективности производства; |             |             | +           |             | +           |
| 6               | основные химические производства.                                                                                              |             |             |             | +           |             |
| <b>Уметь:</b>   |                                                                                                                                |             |             |             |             |             |
| 7               | рассчитать основные характеристики химического процесса;                                                                       | +           | +           |             |             |             |
| 8               | выбрать рациональную схему производства заданного продукта;                                                                    |             |             | +           | +           | +           |
| 9               | оценить технологическую эффективность производства;                                                                            | +           |             |             | +           | +           |
| 10              | выбрать эффективный тип реактора;                                                                                              |             | +           |             |             |             |
| 11              | провести расчет технологических параметров для заданного процесса;                                                             |             | +           |             | +           |             |
| 12              | определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.                                                     |             | +           |             |             |             |
| <b>Владеть:</b> |                                                                                                                                |             |             |             |             |             |
| 13              | методами анализа эффективности работы химических производств;                                                                  | +           |             |             | +           | +           |
| 14              | методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей;                          |             | +           | +           |             |             |
| 15              | методами выбора химических реакторов.                                                                                          |             | +           |             |             |             |

| В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>общепрофессиональные</i> компетенции и индикаторы их достижения: |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |             |             |             |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                                          | Код и наименование ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                | Код и наименование индикатора достижения ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                                | Раздел<br>1 | Раздел<br>2 | Раздел<br>3 | Раздел<br>4 | Раздел<br>5 |
| 16                                                                                                                                       | ОПК-4.<br>Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья | ОПК-4.4.<br>Знает основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру; общие закономерности химических процессов; основные химические производства                                                                                                                                          |             |             | +           | +           | +           |
| 17                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК-4.5.<br>Знает основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии | +           | +           |             |             |             |
| 18                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК-4.8.<br>Умеет рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства                                                                                                                              | +           | +           | +           | +           | +           |
| 19                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК-4.9.<br>Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе                                                                                                                                             |             | +           |             | +           |             |
| 20                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК-4.14.<br>Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов                                                                                                                                                    | +           | +           | +           | +           | +           |

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

| № п/п | № раздела дисциплины | Темы практических занятий                                                                                | Часы (очн. форма) | Часы, (заочн. форма) |
|-------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
| 1     | 2                    | Показатели химико-технологического процесса. Стехиометрические закономерности.                           | 2                 | 0,5                  |
| 2     | 2                    | Показатели химико-технологического процесса. Термодинамические закономерности.                           | 3                 | 0,75                 |
| 3     | 2                    | Показатели химико-технологического процесса. Кинетические закономерности.                                | 3                 | 0,75                 |
| 4     | 2                    | Реакторы идеального вытеснения (РИВ) и идеального смешения непрерывного действия (РИС-н)                 | 4                 | 1                    |
| 5     | 2                    | Реакторы идеального смешения периодического действия (РИС-п). Адиабатический реактор идеального смешения | 2                 | 0,5                  |
| 6     | 3                    | Каскад реакторов идеального смешения (к-РИС-н)                                                           | 3                 | 0,75                 |
| 7     | 3                    | Разнородные ХТС. Последовательное и параллельное соединение РИС и РИС                                    | 2                 | 0,5                  |
| 8     | 3                    | Фракционный рецикл                                                                                       | 3                 | 0,75                 |
| 9     | 3                    | Материальный баланс элемента ХТС без химического превращения                                             | 2                 | 0,5                  |
| 10    | 3                    | Материальный баланс элемента ХТС с химическим превращением                                               | 2                 | 0,5                  |
| 11    | 4                    | Расходные коэффициенты по сырью, энергии и вспомогательным материалам                                    | 3                 | 0,75                 |
| 12    | 4                    | Материальный баланс ХТС в целом                                                                          | 3                 | 0,75                 |

### 6.2 Лабораторные занятия

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет **20** баллов (максимально по **5** баллов за каждую работу).

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ                                          | Часы (очн. форма) | Часы (заочн. форма) |
|-------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|
| 1     | 2                    | Моделирование изотермических процессов в реакторах и реакторных системах | 8                 | 2                   |
| 2     | 2                    | Анализ процесса «газ-твёрдое» на примере обжига сульфида цинка           | 8                 | 2                   |
| 3     | 2                    | Окисление диоксида серы                                                  | 8                 | 2                   |
| 4     | 4                    | Анализ химико-технологических систем – производство азотной кислоты      | 8                 | 2                   |

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- изучение лекционного материала и учебника по дисциплине;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу дисциплины;
- подготовку к сдаче *экзамена* и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

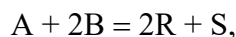
Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка **40** баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка **20** баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка **40** баллов).

### 8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено **3** контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы составляет **10** баллов за первую и **15** баллов за вторую и третью.

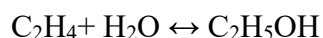
#### Раздел 2. Пример контрольной работы № 1. Максимальная оценка – **10** баллов. Контрольная работа содержит **2** вопроса, по **5** баллов за вопрос.

1. Определить степень превращения по компоненту В ( $x_B$ ) и состав реакционной смеси для реакции



если  $x_A = 0,6$ ;  $c_{A0} = 1$  кмоль/м<sup>3</sup>;  $c_{B0} = 1,5$  кмоль/м<sup>3</sup>.

2. Определить влияние избытка водяного пара в исходной смеси на равновесную степень превращения этилена в обратимой реакции синтеза этанола:



для трёх мольных соотношений в исходной смеси  $\alpha = H_2O:C_2H_4 = 1; 4; 9$ . Давление в процессе 3 МПа, константа равновесия  $K_p = 0,068$  МПа<sup>-1</sup>.

#### Раздел 3. Пример контрольной работы № 2. Максимальная оценка – **15** баллов. Контрольная работа содержит **2** вопроса, **7** баллов за первый вопрос, **8** баллов за второй вопрос.

1. Реактор периодического действия за 8 ч должен производить  $N_R = 4,8$  кмоль продукта R. Чтобы загрузить реактор, нагреть его до нужной температуры и разгрузить после окончания процесса, требуется 1 ч.

1) Найти необходимый объём реактора, если известно, что в реакторе протекает реакция  $A \rightarrow R$  с константой скорости 0,026 мин<sup>-1</sup>, начальная концентрация вещества A равна 8 кмоль/м<sup>3</sup>, 99 % которого подвергается превращению.

2) Определить объёмы реакторов ИС-Н и ИВ для получения такого же количества продукта R в сутки при той же степени превращения вещества A.

2. В реакторе идеального смешения объёмом  $0,3 \text{ м}^3$  проводится экзотермическая реакция 1-го порядка  $A \rightarrow R + Q_p$ . Константа скорости реакции описывается уравнением  $k = 10^3 \exp\left(-\frac{20000}{RT}\right) \text{ мин}^{-1}$ . Тепловой эффект реакции составляет  $2300 \text{ ккал/кмоль}$ . Плотность реакционной массы не зависит от степени превращения и равна  $420 \text{ кг/м}^3$ . Удельная теплоёмкость раствора равна  $0,95 \text{ ккал/(кг·К)}$ . Раствор реагента А подаётся с концентрацией  $6 \text{ кмоль/м}^3$  в количестве  $0,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Рассчитать, при какой температуре следует подавать исходный раствор вещества А в реактор, работающий в адиабатическом режиме, чтобы температура в нём не превышала  $60^\circ\text{C}$ .

#### **Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 1 вопрос.**

Жидкофазный процесс описывается реакцией 1-го порядка типа  $A \rightarrow 2R$  с константой скорости равной  $8,3 \cdot 10^{-3} \text{ сек}^{-1}$ . Концентрация исходного вещества составляет  $0,36 \text{ моль/л}$ . Расход реакционной смеси равен  $0,12 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

Процесс проводится в установке из 3 реакторов смешения, соединённых последовательно объёмом  $0,3 \text{ м}^3$ .

Определить производительность установки по продукту R.

#### **8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины.**

Билет для *экзамена* включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. Первый вопрос – 10 баллов, второй вопрос – 15 баллов, третий вопрос – 15 баллов.

1. Химический процесс. Технологические показатели эффективности. Модели химико-технологических систем. Подсистемы ХТС. Параметры состояния и параметры свойств потоков, параметры состояния элементов ХТС.
2. Материальный и тепловой балансы реакционного элемента ХТС. Свойства ХТС Синтез ХТС. Концепции синтеза и пути их решения. Синтез и сравнение однородных систем реакторов вытеснения и смешения при проведении в них различных реакций.
3. Стехиометрические закономерности химических процессов. Использование стехиометрических закономерностей в расчетах показателей эффективности технологических процессов.
4. Термодинамические закономерности химических процессов и их использование в технологических расчетах
5. Кинетические закономерности химических процессов. Скорость реакции и скорость превращения вещества. Схема превращения вещества
6. Гомогенные процессы. Кинетическая модель для простых необратимых реакций различного порядка. Аналитические и графические зависимости:  $r(c)$ ,  $r(T)$ ,  $r(x)$ ,  $c(t)$ . Теоретический оптимальный режим.
7. Гомогенные процессы. Кинетическая модель для простых обратимых реакций. Аналитические и графические зависимости:  $r(c)$ ,  $r(T)$ ,  $r(x)$ ,  $c(t)$ ,  $x(T)$ . Линия оптимальных температур. Теоретический оптимальный режим.
8. Гомогенные процессы. Кинетическая модель для сложных параллельных реакций. Аналитические и графические зависимости:  $r(c)$ ,  $r(T)$ ,  $r(x)$ ,  $c(t)$ ,  $S_R(c)$ ,  $S_R(T)$ . Теоретический оптимальный режим.
9. Гомогенные процессы. Кинетическая модель для сложных последовательных реакций. Аналитические и графические зависимости:  $r(c)$ ,  $r(T)$ ,  $r(x)$ ,  $c(t)$ ,  $S_R(c)$ ,  $S_R(T)$ . Теоретический оптимальный режим.
10. Гетерогенные процессы. Классификация. Примеры.

11. Гетерогенный процесс газ-твердое. Модель «сжимающаяся сфера». Материальный баланс по газовой и твердой фазам. Наблюдаемая скорость превращения. Время полного превращения твердого. Режимы протекания процесса. Лимитирующие стадии.
12. Гетерогенный процесс газ-твердое. Модель «сжимающаяся сфера». Режимы протекания процесса. Лимитирующие стадии. Способы интенсификация процессов, протекающих в различных лимитирующих стадиях.
13. Гетерогенный процесс газ-твердое. Модель «сжимающаяся сфера». Режимы протекания процесса. Лимитирующие стадии. Влияние температуры и скорости потока на скорость превращения
14. Гетерогенный процесс газ-твердое. Модель «сжимающееся ядро». Режимы протекания процесса. Лимитирующие стадии. Способы интенсификация процессов, протекающих в различных лимитирующих стадиях.
15. Гетерогенный процесс газ-твердое. Модель «сжимающееся ядро». Материальный баланс по газовой и твердой фазам. Наблюдаемая скорость превращения и время полного превращения твердого для процесса, протекающего в кинетической, области.
16. Гетерогенный процесс газ-твердое. Модель «сжимающееся ядро». Материальный баланс по газовой и твердой фазам. Наблюдаемая скорость превращения и время полного превращения твердого для процесса, протекающего во внутридиффузионной области
17. Гетерогенный процесс газ-твердое. Модель «сжимающееся ядро». Материальный баланс по газовой и твердой фазам. Наблюдаемая скорость превращения и время полного превращения твердого для процесса, протекающего во внешнедиффузионной области.
18. Каталитические процессы. Катализаторы. Требования, предъявляемые к катализаторам.
19. Гетерогенно-каталитический процесс на непористом зерне катализатора. Основные стадии. Математическое описание процесса. Наблюдаемая скорость процесса.
20. Гетерогенно-каталитический процесс на непористом зерне катализатора. Наблюдаемая скорость процесса. Наблюдаемый коэффициент. Влияние температуры и скорости потока на скорость превращения
21. Гетерогенно-каталитический процесс на пористом зерне катализатора. Математическое описание процесса. Основные стадии. Наблюдаемая скорость процесса. Модуль Зельдовича-Тилле.
22. Гетерогенно-каталитический процесс на пористом зерне катализатора. Наблюдаемая скорость процесса. Модуль Зельдовича-Тилле. Степень использования внутренней поверхности катализатора. Режимы протекания процесса
23. Гетерогенно-каталитический процесс на пористом зерне катализатора. Наблюдаемая скорость процесса. Модуль Зельдовича-Тилле. Влияние температуры и размера зерен катализатора на наблюдаемую скорость процесса и степень использования внутренней поверхности катализатора
24. Тепловые явления на непористом зерне катализатора
25. Тепловые явления на пористом зерне катализатора
26. Гетерогенный процесс газ-жидкость. Математическое описание процесса. Основные стадии. Наблюдаемая скорость процесса. Способы интенсификации.
27. Основные типы реакторов в химической технологии. Работа реакторов в периодическом и непрерывном режимах. Условное время пребывания. Функциональные элементы реактора. Этапы построения математической модели реактора.
28. Построение модели периодического реактора идеального смешения. Изотермические процессы в непрерывных реакторах смешения. Аналитические и графические зависимости концентрации, степени превращения от времени для простых реакций.

29. Построение модели непрерывного реактора идеального смешения. Изотермические процессы в непрерывных реакторах смешения. Аналитические и графические зависимости концентрации, степени превращения, и дифференциальной селективности от времени пребывания для сложной параллельной реакции.
30. Построение модели непрерывного реактора идеального смешения. Изотермические процессы в непрерывных реакторах смешения. Аналитические и графические зависимости концентрации, степени превращения, и дифференциальной селективности от времени пребывания для сложной последовательной реакции
31. Построение модели идеального реактора вытеснения. Изотермические процессы в реакторах вытеснения и периодических реакторах смешения. Аналитические и графические зависимости концентрации, степени превращения, и дифференциальной селективности от времени пребывания для простых реакций.
32. Построение модели реактора идеального вытеснения. Изотермические процессы в реакторах вытеснения. Аналитические и графические зависимости концентрации, степени превращения, и дифференциальной селективности от времени пребывания для сложной параллельной реакции.
33. Построение модели реактора идеального вытеснения. Изотермические процессы в реакторах вытеснения. Аналитические и графические зависимости концентрации, степени превращения, и дифференциальной селективности от времени пребывания для сложной последовательной реакции.
34. Построение модели непрерывного реактора идеального смешения. Неизотермические процессы в непрерывных реакторах смешения.
35. Построение модели реактора идеального вытеснения. Неизотермические процессы в реакторе идеального вытеснения и периодическом реакторе идеального смешения.
36. Сравнение непрерывных процессов в реакторах идеального смешения и идеального вытеснения при проведении в них простых и сложных реакций
37. Каскад реакторов идеального смешения. Аналитический и графический методы расчета каскада реакторов
38. Сравнение эффективности работы единичного реактора смешения, каскада последовательного соединения и параллельного соединения реакторов идеального смешения при проведении в них простых и сложных реакций
39. Сравнение эффективности работы единичного реактора вытеснения, каскада последовательного соединения и параллельного соединения реакторов идеального вытеснения при проведении в них простых и сложных реакций.
40. Виды связей в ХТС и их назначение.
41. Модели химико-технологических систем. Подсистемы ХТС. Параметры состояния и параметры свойств потоков, параметры состояния элементов ХТС.
42. Материальный и тепловой балансы реакционного элемента ХТС.
43. Свойства ХТС
44. Синтез ХТС производства азотной кислоты. Химическая и структурная схемы производства. Физико-химические основы окисления аммиака, абсорбции диоксида азота. Решение концепций полного использования сырья, эффективного использования энергоресурсов, минимизации отходов, эффективного использования оборудования.
45. Концепции синтеза ХТС и пути их решения.
46. ХТС производства серной кислоты. Химическая и структурная схемы. Физико-химические основы абсорбции триоксида серы. Решение концепций минимизации отходов.
47. ХТС производства серной кислоты. Химическая и структурная схемы. Физико-химические основы обжига серосодержащего сырья. Решение концепций полного использования сырья.

48. ХТС производства серной кислоты. Химическая и структурная схемы. Физико-химические основы каталитического окисления диоксида серы. Решение концепций эффективного использования энергоресурсов.
49. ХТС производства аммиака. Полная химическая и структурная схемы производства. Физико-химические основы получения азото-водородной смеси. Решение концепций минимизации отходов.
50. ХТС производства аммиака. Полная химическая и структурная схемы производства. Физико-химические основы получения синтеза аммиака. Решение концепций эффективного использования энергоресурсов.
51. ХТС производства азотной кислоты. Химическая и структурная схемы производства. Физико-химическое основы окисления аммиака. Решение концепций полного использования сырья.
52. ХТС производства азотной кислоты. Химическая и структурная схемы производства. Физико-химическое основы абсорбции диоксида азота. Решение концепции эффективного использования энергоресурсов.
53. ХТС производства азотной кислоты. Химическая и структурная схемы производства. Решение концепций минимизации отходов и эффективного использования оборудования.
54. Синтез системы разделения (ректификация) многокомпонентной смеси.
55. Синтез технологической схемы теплообмена между несколькими потоками.
56. Синтез технологической системы реакторов (последовательное и параллельное соединение реакторов идеального смешения и вытеснения для простых и сложных реакций).
57. Производство серной кислоты. Устройство контактного узла и абсорбционной аппаратуры. Пути интенсификации серноокислотного производства. Технологическая схема ДК/ДА в производстве  $\text{H}_2\text{SO}_4$  контактным методом, как пример организации процессов в отдельных промышленных аппаратах и в ХТС.
58. Технологическая схема производства аммиака, как пример организации процессов в отдельных промышленных аппаратах и в ХТС.
59. Производство азотной кислоты. Окисление аммиака и окислов азота. Хемосорбция окислов азота. Физико-химические основы технологических процессов.
60. Энерготехнологическая система производства разбавленной  $\text{HNO}_3$  под давлением 7,3 атм, как пример организации процессов в отдельных промышленных аппаратах и в ХТС.
61. Производство стирола. Химическая и функциональная схемы.
62. Производство стирола. Физико-химические основы и технологическая схема дегидрирования этилбензола.
63. Производство стирола. Физико-химические основы и технологическая схема выделения стирола из продуктов дегидрирования.
64. Производство стирола. Физико-химическое обоснование и технологическая схема энерготехнологической системы.
65. Современные тенденции в развитии химической технологии. Перспективные источники сырья и энергии.
66. Современные тенденции в развитии химической технологии. Новые химико-технологические процессы и способы получения продуктов.
67. Наилучшие доступные технологии.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### 8.3. Структура и примеры билетов для экзамена

**Экзамен** по дисциплине «*Общая химическая технология*» проводится в **6-ом** или **7-ом** семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для **экзамена** состоит из **3** вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **экзамена**:

|                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <i>«Утверждаю»</i><br>заведующий кафедрой<br>ОХТ<br><br>_____ В.Н. Грунский<br><br>«__» _____ 2021 г.                                                                                                                | <b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>                             |
|                                                                                                                                                                                                                      | <b>Российский химико-технологический университет<br/>имени Д.И. Менделеева</b> |
|                                                                                                                                                                                                                      | <b>Кафедра <i>Общей химической технологии</i></b>                              |
|                                                                                                                                                                                                                      | <b><i>18.03.01 Химическая технология</i></b>                                   |
|                                                                                                                                                                                                                      | <b>Дисциплина: <i>Общая химическая технология</i></b>                          |
| <b>Билет № 1</b>                                                                                                                                                                                                     |                                                                                |
| 1. Химический процесс. Определение. Технологические показатели эффективности химического процесса.                                                                                                                   |                                                                                |
| 2. Основные типы реакторов в химической технологии. Работа реакторов в периодическом и непрерывном режимах. Условное время пребывания. Функциональные элементы реакторов. Принципы построения математической модели. |                                                                                |
| 3. ХТС производства серной кислоты. Химическая и функциональная схемы. Физико-химические основы абсорбции триоксида серы. Реализация концепции минимизации отходов                                                   |                                                                                |

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Бесков В.С. Общая химическая технология: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ "Академкнига". 2005. – 452 с. (**базовый учебник**)
2. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС: учебник / И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампиди, В.Г. Иванов, Э.В. Чиркунов; под редакцией Х.Э. Харлампиди. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 384 с. – ISBN 978-5-8114-1479-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/45973>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Игнатенков В.И., Федосеев А.П., Ванчури В.И., Сучкова Е.В., Давидханова М.Г., Семенов Г.М., Тарасенко Т.А., Вяткин Ю.Л., Дубко А.И. Общая химическая технология. Химические процессы и реакторы. Лабораторный практикум. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2018. – 108 с.
4. Семенов Г.М., Вяткин Ю.Л., Давидханова М.Г., Ванчури В.И., Грунский В.Н., Игнатенков В.И., Сучкова Е.В., Тарасенко Т.А., Федосеев А.П. Общая химическая технология. Химико-технологические системы. Лабораторный практикум. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2017. – 112 с.

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Игнатенков В.И., Бесков В.С. Примеры и задачи по общей химической технологии: учебное пособие для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига». 2005. – 198 с.
2. Ванчури В.И., Игнатенков В.И., Тарасенко Т.А. Химические процессы и реакторы. Сборник задач: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2017. – 68с.
3. Ванчури В.И., Грунский В.Н. Гетерогенные каталитические процессы в примерах и задачах. Ч.1 – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2016. – 32 с.
4. Ванчури В.И., Грунский В.Н., Комарова А.Д., Гаспарян М.Д. Технологические расчёты в курсе Общей химической технологии. Материальный баланс химико-технологической системы. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2019. – 60 с.
5. Бесков В. С., Ванчури В. И., Игнатенков В. И. Общая химическая технология в вопросах и ответах. Ч.1.: методическое пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2011. – 83 с.
6. Ванчури В.И., Игнатенков В.И., Игнатенкова В.В., Сучкова Е.В. Общая химическая технология в вопросах и ответах. Ч.2.: методическое пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2016. – 64 с.

## **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- «Журнал прикладной химии» ISSN 0044-4618
- Журнал «Теоретические основы химической технологии» ISSN 0040-3571
- Журнал «Химическая промышленность сегодня» ISSN 0023-110X

## **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16 штук, (общее число слайдов – 595);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 150);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число билетов – 50).

Для освоения дисциплины в дистанционном режиме преподаватели могут использовать следующие средства коммуникации со студентами:

- электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС);
- корпоративная электронная почта;
- <https://etutorium.ru/> – LMS eTutorium;
- <https://zoom.us/> – LMS Zoom.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Общая химическая технология*» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Лекционная учебная аудитория, оборудованная меловой доской и учебной мебелью, учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная меловой доской и учебной мебелью, компьютерный зал для проведения лабораторного практикума с 14 рабочими местами и 14 персональными компьютерами.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Презентации лекционного материала.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Для самостоятельной работы каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к нескольким электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам), содержащим все издания основной литературы, перечисленные в рабочей программе дисциплины, сформированным на основании прямых договорных отношений с правообладателями.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине, методические рекомендации к практическим занятиям; раздаточный материал к лекционным курсам; электронные учебные издания.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

| № п/п | Наименование программного продукта                                     | Реквизиты договора поставки           | Количество лицензий | Срок окончания действия лицензии                                                           |
|-------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine                                   | Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013 | 14                  | бессрочно                                                                                  |
| 2     | Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. | Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020 | 14                  | 12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта) |

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

| Наименование модулей                                                       | Основные показатели оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Формы и методы контроля и оценки                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1.</b><br>Химическая технология и химическое производство        | <i>Знает:</i><br>- методологию исследования взаимодействия химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях.<br><i>Умеет:</i><br>- рассчитать основные характеристики химического процесса;<br>- оценить технологическую эффективность производства.<br><i>Владеет:</i><br>- методами анализа эффективности работы химических производств.                                                                                                                                                                                                                    | Оценка за экзамен                                                                                 |
| <b>Раздел 2.</b><br>Теоретические основы химических процессов и реакторов. | <i>Знает:</i><br>- основы теории химических процессов и реакторов;<br>- методику выбора реактора и расчёта процесса в нем;<br>- основные реакционные процессы и реакторы химической технологии.<br><i>Умеет:</i><br>- рассчитывать основные характеристики химического процесса;<br>- выбирать эффективный тип реактора;<br>- определять параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.<br><i>Владеет:</i><br>- методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей;<br>- методами выбора химических реакторов. | Оценка за контрольную работу № 1<br><br>Оценка за лабораторный практикум<br><br>Оценка за экзамен |

|                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Раздел 3.</b></p> <p>Химическое производство, как химико-технологическая система (ХТС).</p> | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру, методы оценки эффективности производства.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать рациональную схему производства заданного продукта.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей.</li> </ul>                                                                      | <p>Оценка за контрольную работу № 2</p> <p>Оценка за экзамен</p>                                         |
| <p><b>Раздел 4.</b></p> <p>Промышленные химические производства</p>                               | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные химические производства.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать рациональную схему производства заданного продукта;</li> <li>- оценивать технологическую эффективность производства.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа эффективности работы химических производств.</li> </ul>                                                                                                                                          | <p>Оценка за контрольную работу № 3</p> <p>Оценка за лабораторный практикум</p> <p>Оценка за экзамен</p> |
| <p><b>Раздел 5.</b></p> <p>Современные тенденции в развитии химической технологии</p>             | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру, методы оценки эффективности производств;</li> <li>- основные химические производства.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать рациональную схему производства заданного продукта;</li> <li>- оценивать технологическую эффективность производства.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа эффективности работы химических производств.</li> </ul> | <p>Оценка за экзамен</p>                                                                                 |

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Общая химическая технология»**

**основной образовательной программы**  
**18.03.01 Химическая технология**

Форма обучения: *очная, заочная*

| Номер<br>изменения/<br>дополнения | Содержание дополнения/изменения | Основание внесения<br>изменения/дополнения                        |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---



**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

02 » июля 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы квантовой химии»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Профиль подготовки – «Технология и переработка полимеров»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Форма обучения: заочная**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
« 25 » мая 2021 г.  
Протокол № 18.

Председатель

Н.А. Макаров

**Москва 2021**

Программа составлена:

заведующим кафедрой квантовой химии, д.ф.-м.н., профессором В.Г. Цирельсоном,  
доцентом кафедры квантовой химии, к.х.н., ст.н.с., А.Н. Егоровой,  
доцентом кафедры квантовой химии, к.х.н., доцентом, М.Ф. Бобровым.

Программа рассмотрена и одобрена на расширенном заседании кафедры квантовой химии  
РХТУ им.Д.И. Менделеева «18» мая 2021 г., протокол № 5.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат для **направления подготовки 18.03.01 Химическая технология (профиль: «Технология и переработка полимеров»)** (ФГОС ВО), рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой **квантовой химии** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Основы квантовой химии» относится к вариативной части дисциплин учебного плана **заочной формы обучения**. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей и неорганической химии, математики и физики.

**Цель дисциплины** – состоит в изучении основных понятий современной квантовой химии и квантово-химических методов расчета строения и свойств химических систем; во введении студентов в круг основных представлений о химической связи и межмолекулярных взаимодействиях и ознакомлении на этой основе с особенностями химической связи в химических веществах и обусловленных этим свойствами материалов; в освоении работы с основными квантово-химическими компьютерными программами, используемыми на практике.

### **Задачи дисциплины:**

- логически организованное ознакомление с основными понятиями современной квантовой химии;
- изучение основных квантово-химических методов расчета строения и свойств химических систем;
- ознакомление с основными представлениями о химической связи и межмолекулярных взаимодействиях;
- ознакомление с особенностями химической связи, межмолекулярных взаимодействий и свойств молекулярных систем и полимеров;
- приобретение навыков работы с основными квантово-химическими компьютерными программами, используемыми на практике.

Дисциплина «Основы квантовой химии» преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих *профессиональных компетенций и индикаторов их достижения*:

| Задача профессиональной деятельности                                                                                    | Объект или область знания                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Код и наименование ПК                                                                                              | Код и наименование индикатора достижения ПК                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Организация и управление проведением научно-исследовательских работ, создания конкурентоспособной наукоемкой продукции. | Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере управления процессами стратегического и тактического планирования и организации промышленных производств различного типа (единичного, серийного, массового) с использованием современных информационных и телекоммуникационных технологий) | ПК-2 Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования         | ПК-2.1 Знает порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками<br>ПК-2.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий<br>ПК-2.3 Владеет навыками обращения с научной и технической литературой | Профессиональный стандарт 40.033<br>Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 8 сентября 2014 года № 609н)<br>Обобщенная трудовая функция<br>А. Тактическое управление процессами планирования и организации производства на уровне структурного подразделения промышленной организации (отдела, цеха). |
| Организация и управление проведением научно-исследовательских работ, создания конкурентоспособной наукоемкой            | Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере управления процессами стратегического и                                                                                                                                                                                                    | ПК-4 Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и | ПК-4.1 Знает современные подходы к научному исследованию<br>ПК-4.2 Умеет оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада                                                                                                                                                                                                | Профессиональный стандарт 40.033<br>Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства (утв. приказом Министерства                                                                                                                                                                                                                                                           |

|            |                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| продукции. | тактического планирования и организации промышленных производств различного типа (единичного, серийного, массового) с использованием современных информационных и телекоммуникационных технологий) | анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау | ПК-4.3 Владеет современными методами обработки данных | труда и социальной защиты РФ от 8 сентября 2014 года № 609н)<br>Обобщенная трудовая функция<br>А. Тактическое управление процессами планирования и организации производства на уровне структурного подразделения промышленной организации (отдела, цеха). |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основные положения квантовой химии, современной теории химической связи и межмолекулярного взаимодействия и примеры ее применения к конкретным химическим системам;
- принципы количественной характеристики атомной и электронной структуры молекулярных систем;
- основные взаимосвязи между электронной структурой и физико-химическими свойствами веществ, лежащие в основе управления свойствами;
- возможности основных современных квантово-химических расчетных методов и области их применимости.

*Уметь:*

- применять квантово-химические подходы и методы для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных систем.

*Владеть:*

- элементарными навыками применения квантово-химических подходов и методов и интерпретации результатов при решении практических технологических задач и стандартными квантово-химическими компьютерными программами.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Дисциплина преподается в течение одного семестра. Контроль освоения студентами дисциплины осуществляется путем проведения зачета с оценкой **в 5 семестре**.

| Вид учебной работы                             | Объем дисциплины       |           |           |
|------------------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|
|                                                | ЗЕ                     | Акад. ч.  | Астр. ч.  |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>2</b>               | <b>72</b> | <b>54</b> |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>0,23</b>            | <b>8</b>  | <b>6</b>  |
| Лекции                                         | 0,115                  | 4         | 3         |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,115                  | 4         | 3         |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>1,66</b>            | <b>60</b> | <b>45</b> |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   | 1,66                   | 60        | 45        |
| <b>Виды контроля:</b>                          |                        |           |           |
| <b>Зачет с оценкой</b>                         | <b>0,11</b>            | <b>4</b>  | <b>3</b>  |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   | 0,11                   | 0,4       | 0,3       |
| Подготовка к зачету с оценкой                  |                        | 3,6       | 2,7       |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                 | <b>Зачет с оценкой</b> |           |           |

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Раздел дисциплины | Академ. часов |            |            |             |                 |
|-------|-------------------|---------------|------------|------------|-------------|-----------------|
|       |                   | Всего         | Лек-ции    | Прак. зан. | Сам. работа | Зачет с оценкой |
|       | <b>Введение</b>   | <b>0,4</b>    | <b>0,4</b> |            |             |                 |

|    |                                                                    |      |     |     |    |   |
|----|--------------------------------------------------------------------|------|-----|-----|----|---|
| 1. | <b>Раздел 1. Общие принципы квантовой химии</b>                    | 22,2 | 1,2 | 1   | 20 |   |
| 2. | <b>Раздел 2. Методы квантовой химии</b>                            | 26,7 | 1,2 | 1,5 | 24 |   |
| 3. | <b>Раздел 3. Химическая связь и межмолекулярные взаимодействия</b> | 22,7 | 1,2 | 1,5 | 20 |   |
|    | <b>ИТОГО</b>                                                       | 72   | 4   | 4   | 60 | 4 |

#### 4.2 Содержание разделов дисциплины

**Введение.** Предмет квантовой химии. Роль квантовой химии в описании химических явлений и процессов. Взаимосвязь классической и квантовой моделей молекул.

##### Раздел 1. Общие принципы квантовой химии

###### 1.1. Основные приближения.

Основные положения квантовой механики. Вариационный метод нахождения волновых функций. Приближение независимых частиц. Метод самосогласованного поля для атомов. Приближение центрального поля. Атомные орбитали и их характеристики.

###### 1.2. Одноэлектронные и многоэлектронные волновые функции и методы их расчета.

Антисимметричность электронной волновой функции. Спин-орбитали. Детерминант Слейтера. Введение в методы Хартри-Фока и Кона-Шэма, химическая трактовка результатов.

##### Раздел 2. Методы квантовой химии

###### 2.1. Молекулярная структура, электронная корреляция.

Приближение Борна-Оппенгеймера, адиабатический потенциал и понятие молекулярной структуры. Методы Хартри-Фока и Кона-Шэма для молекулы. Приближение МО ЛКАО. Электронная корреляция. Метод конфигурационного взаимодействия. Теория возмущений. Расчет энергии диссоциации химических связей.

###### 2.2. Неэмпирические и полуэмпирические методы.

Иерархия методов квантовой химии. Неэмпирическая квантовая химия. Базисные функции для неэмпирических расчетов. Атомные и молекулярные базисные наборы. Роль базисных функций в описании свойств молекул. Полуэмпирические методы. Валентное приближение.  $\pi$ -электронное приближение. Метод Парризера-Попла-Парра. Простой и расширенный методы Хюккеля.

Точность квантово-химических расчетов свойств молекул.

##### Раздел 3. Химическая связь и межмолекулярные взаимодействия

###### 3.1. Химическая связь и межмолекулярные взаимодействия.

Орбитальная картина химической связи. Конструктивная и деструктивная интерференция орбиталей. Молекулярные орбитали и их симметричная классификация. Корреляционные диаграммы. Электронные конфигурации двухатомных молекул. Анализ заселенностей орбиталей по Малликену. Понятие о зарядах и порядках связей.

**Заключение.** Квантовая химия как инструмент прогноза в химии.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| №                                                                                                                                    | В результате освоения дисциплины студент должен:                                                                                                                                         | Раздел<br>1                                        | Раздел<br>2 | Раздел<br>3 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                                      | <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                            |                                                    |             |             |
| 1                                                                                                                                    | - основные положения квантовой химии, современной теории химической связи и межмолекулярного взаимодействия и примеры ее применения к конкретным химическим системам;                    | +                                                  |             |             |
| 2                                                                                                                                    | - принципы количественной характеристики атомной и электронной структуры молекулярных систем;                                                                                            |                                                    | +           |             |
| 3                                                                                                                                    | - основные взаимосвязи между электронной структурой и физико-химическими свойствами веществ, лежащие в основе управления свойствами;                                                     |                                                    |             | +           |
| 4                                                                                                                                    | - возможности основных современных квантово-химических расчетных методов и области их применимости.                                                                                      |                                                    | +           |             |
|                                                                                                                                      | <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                                            |                                                    |             |             |
| 5                                                                                                                                    | - применять квантово-химические подходы и методы для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных систем.                                                       | +                                                  | +           | +           |
|                                                                                                                                      | <b>Владеть:</b>                                                                                                                                                                          |                                                    |             |             |
| 6                                                                                                                                    | - элементарными навыками применения квантово-химических подходов и методов при решении практических технологических задач и стандартными квантово-химическими компьютерными программами. | +                                                  | +           | +           |
| В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i> |                                                                                                                                                                                          |                                                    |             |             |
|                                                                                                                                      | <b>Код и наименование ПК</b>                                                                                                                                                             | <b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b> |             |             |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| 7 | ПК-2 Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования                                                                                                                                                                                                                                              | <p>ПК-2.1 Знает порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками</p> <p>ПК-2.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий</p> <p>ПК-2.3 Владеет навыками обращения с научной и технической литературой</p> | + | + | + |
| 8 | ПК-4 Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау | <p>ПК-4.1 Знает современные подходы к научному исследованию</p> <p>ПК-4.2 Умеет оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада</p> <p>ПК-4.3 Владеет современными методами обработки данных</p>                                                                                                                                       | + | + | + |

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Темы практических занятий                                                                           | Часы |
|-------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1     | 1                        | <b>Практическое занятие 1</b><br>Атомные орбитали и их свойства                                     | 1    |
| 2     | 2                        | <b>Практическое занятие 2</b><br>Молекулярная структура. Конформации молекул. Молекулярные орбитали | 1    |
| 5     | 2                        | <b>Практическое занятие 3</b><br>Полуэмпирические методы квантовой химии                            | 1    |
| 6     | 2, 3                     | <b>Практическое занятие 4</b><br>Химическая интерпретация результатов квантово-химических расчетов  | 1    |

### 6.2 Лабораторные занятия

*Не предусмотрены*

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине, развить навыки самообучения и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- выполнение контрольных работ по темам дисциплины;
- посещение научных семинаров и конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по дисциплины.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов), устных опросов на практических занятиях (максимальная оценка 30 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

### 8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

*Не предусмотрено*

### 8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения

## ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы и устные опросы на практических занятиях. Максимальная оценка за контрольные работы 30 баллов и составляет 15 баллов за каждую. Максимальная оценка за устные опросы на практических занятиях составляет 30 баллов, по 15 баллов за каждый опрос.

**Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 4 балла за 1,2,3 вопросы, 3 балла за 4 вопрос.**

### Вопрос 1.1.

1. Что такое волновая функция? Требования, которым отвечает волновая функция.
2. Каков физический смысл выражений  $\Psi^*\Psi$  и  $\Psi^*\Psi dx$ ?
3. Изложите суть вариационного принципа.

### Вопрос 1.2.

1. Как найти наиболее вероятное положение электрона на орбитали?
2. Основные свойства радиальных функций.
3. Что такое узлы атомной радиальной функции? Как сосчитать их число?

### Вопрос 1.3.

1. Приведите зависимость интеграла перекрывания  $S_{ij}$  от межъядерного расстояния для связи типа  $\sigma(p_x, p_x)$ .
2. Приведите примеры неэффективного ( $S_{ij}=0$ ,  $S_{ij}<0$ ) перекрывания атомных орбиталей s-, p-, d- типа при образовании химической связи.
3. Приведите зависимость интеграла перекрывания  $S_{ij}$  от межъядерного расстояния для связи типа  $\sigma(s, s)$ .

### Вопрос 1.4.

1. В чем состоит приближение независимых частиц?
2. Что такое интеграл перекрывания?
3. Почему нельзя получить точное решение уравнения Шредингера для систем, содержащих больше одного электрона?

**Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 4 балла за 1,2,3 вопросы, 3 балла за 4 вопрос.**

### Вопрос 2.1.

1. Иерархия методов квантовой химии.
2. Базисы атомного типа.
3. Атомные электронные оболочки.

### Вопрос 2.2.

1. Что такое расширенный базис? (Приведите пример).
2. Две основные разновидности базисных наборов молекул?
3. Какие полуэмпирические методы применимы для расчета спектральных характеристик молекул?

### Вопрос 2.3.

1. Сколько и каких базисных функций используется при расчете молекул  $\text{CH}_4$  в базисах 6-31G\* и 6-31+G\*?
2. Сколько и каких базисных функций используется при расчете молекул  $\text{H}_2\text{CO}_3$  в базисах 6-31G\* и 6-31+G\*?

3. Сколько и каких базисных функций используется при расчете молекул  $\text{CHF}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$  в базисе STO-3G?

**Вопрос 2.4.**

1. Какой базисный набор предполагается в полуэмпирических методах?
2. Дать определение поляризационных функций. В каких случаях рекомендуется их использовать?
3. Что такое гауссов примитив? Привести пример s-примитива.

**Примеры вопросов для устного опроса №1 на практических занятиях. Опрос содержит 2 вопроса: 1 вопрос – 8 баллов; 2 вопрос – 7 баллов.**

1. Записать выражение для атомной орбитали. Пояснить смысл входящих в него величин.
2. Изложите суть приближения
  - а) независимых частиц;
  - б) самосогласованного поля;

**Примеры вопросов для устного опроса №2 на практических занятиях. Опрос содержит 2 вопроса: 1 вопрос – 8 баллов; 2 вопрос – 7 баллов.**

1. Что такое поверхность потенциальной энергии? Как её получают? Что такое особые/критические точки на ППЭ. Как их находят, каков их физический смысл?
2. Анализ заселенностей орбиталей по Малликену. Понятие о зарядах и порядках связей.

**8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет с оценкой).**

Билет для зачета с оценкой включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины и содержит 6 вопроса. 1 вопрос – 9 баллов, вопрос 2 – 8 баллов, вопрос 3 – 7 баллов, вопрос 4 – 6 баллов, вопрос 5 – 5 баллов, вопрос 6 – 5 баллов.

**8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет с оценкой).**

1. Что такое волновая функция? Требования, которым отвечает волновая функция.
2. В чем состоит приближение независимых частиц? Запишите выражение для многоэлектронной волновой функции в этом приближении.
3. Рассчитайте номер нижней свободной (вакантной) МО молекулы  $\text{H}_2\text{O}$  в методе MNDO и неэмпирическом методе ОХФ (RHF).
4. Сколько базисных функций используется при расчете молекулы  $\text{FCH}_3$  в базисных наборах SZ и 6-31G\*\*?
5. Изобразить графически радиальную составляющую атомной орбитали 3s.
6. Приведите зависимость интеграла перекрывания  $S_{ij}$  от межъядерного расстояния для связи типа  $\sigma(s, s)$ .
7. Какие параметры молекулы необходимо задать при решении электронного уравнения Шредингера? Нужно ли задавать базис в полуэмпирических расчетах?
8. Посчитать число узлов радиальной части 2s и 3p атомных орбиталей.
9. Что такое волновая функция Хартри? Каким взаимодействием пренебрегают, когда ее записывают?
10. Зачем вводится приближение Борна-Оппенгеймера. Предположения, лежащие в его основе.

11. Что такое узлы угловой части атомной орбитали? Как сосчитать их число?
12. Какие приближения используют при решении уравнения Шредингера для молекул?
13. В каких полуэмпирических методах учитывается корреляция электронов?
14. Что такое атомная орбиталь? Запишите выражение для атомной орбитали атома H.
15. Перечислите кратко основные постулаты квантовой механики.
16. Какие приближения используют для решения уравнения Шредингера для атома?
17. Какой базисный набор предполагается в полуэмпирических методах? Рассчитайте число базисных функций в молекуле H<sub>2</sub>O в методе MNDO.
18. Что такое валентные изомеры и конформеры? Чем они отличаются? Привести примеры.
19. Запишите операторы кинетической энергии: системы M ядер; системы N электронов.
20. Как представляют волновую функцию и энергию атома в приближении независимых частиц? Напишите выражение для электронной волновой функции атома гелия.
21. Что такое расширенный базис? Сколько базисных функций используется при расчете молекулы NH<sub>3</sub> в базисном наборе 6-31+G\*\*?
22. Изобразить графически угловую составляющую атомной орбитали  $3d_z^2$  и  $4d_z^2$ .
23. Запишите операторы потенциальной энергии взаимодействия ядер; ядер и электронов; электронов.
24. Указать условия, при которых образуются связывающие и антисвязывающие молекулярные орбитали. Привести примеры.
25. Основные достоинства и недостатки полуэмпирических методов.
26. Что такое поверхность потенциальной энергии? Как её получают? Что такое особые/критические точки на ППЭ. Как их находят, каков их физический смысл?
27. Какими квантовыми числами для атома определяются радиальная функция, угловая функция и нормировочный множитель?
28. Что такое радиальная функция распределения электронов? Как найти наиболее вероятное положение электрона на орбитали?
29. Основные отличия полуэмпирических методов расчета электронного уравнения Шредингера от неэмпирических. Сколько базисных функций используется при расчете молекулы H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в минимальном наборе в методе MNDO и неэмпирическом методе ОХФ (RHF)?
30. Основные свойства радиальных функций.
31. От чего зависит точность неэмпирических методов расчетов?
32. Что такое структурно-нежесткие молекулы? Привести примеры.
33. Что такое атомная орбиталь? Что такое атомная спин-орбиталь?
34. Запишите оператор полной энергии системы M ядер и N электронов. Какой смысл имеют составляющие этого оператора?
35. В чем суть метода самосогласованного поля? Почему прибегают к приближению ССП при решении электронного уравнения Шредингера?
36. Запишите гамильтониан двухатомной молекулы. Почему нельзя получить точное решение уравнения Шредингера для многоэлектронных систем?
37. Записать выражение для волновой функции в приближении МО ЛКАО, пояснить смысл входящих в него величин.
38. Рассчитайте номер верхней занятой МО молекулы HCCN в методе MNDO и неэмпирическом методе ОХФ (RHF).
39. Две основные разновидности классификации базисных наборов.
40. Что такое поверхность потенциальной энергии? Как её получают? Приведите примеры валентных изомеров и структурно-нежестких молекул.
41. Как зависит атомная орбиталь от расстояния вдали от ядра?
42. Почему в методе Хартри-Фока не учитывается электронная корреляция? В расчетах каких свойств необходим её учет? Опишите основные методы учета электронной корреляции.

43. Какие полуэмпирические методы пригодны для расчета спектральных характеристик молекул?
44. Что такое молекулярная орбиталь? Записать выражение для молекулярной орбитали в приближении МО ЛКАО.
45. Какие полуэмпирические методы предпочтительны для расчета а) теплот образования; б) водородных связей?
46. Как количественно охарактеризовать энергию корреляции?
47. Какому условию должна удовлетворять радиальная часть электронной волновой функции, чтобы волновая функция на ядре была конечна и непрерывна?
48. Основные идеи, лежащие в основе метода MNDO. Применим ли этот метод для расчета: а) теплот образования? б) водородных связей.
49. Что понимают под обозначениями SZ, DZ, TZ? Являются ли указанные базисы расширенными?
50. Теорема Купманса. Какие характеристики атомов и молекул можно рассчитать с ее помощью?
51. Изобразите радиальные составляющие АО 1s, 2s, 3s – типа. Укажите узловые точки и наиболее вероятное положение электрона на соответствующей орбитали.
52. Нарисовать зависимость слейтеровской и гауссовой базисных функций от расстояния до точки центрирования.
53. Чем отличаются ограниченный и неограниченный методы Хартри-Фока?
54. Основные методы учета электронной корреляции.
55. В чем заключается  $\pi$ -электронное приближение. Его физическое обоснование.

Максимальное количество баллов за **зачет с оценкой** (5 семестр) – 40 баллов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

#### 8.4. Структура и пример билета для зачета с оценкой (5 семестр)

**Зачет с оценкой** по дисциплине «Основы квантовой химии» проводится в 5 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 5 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **зачета с оценкой**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>«Утверждаю»<br/>Зав. кафедрой<br/>квантовой химии<br/>_____ В.Г. Цирельсон<br/>«__» _____ 2021г.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Министерство науки и высшего образования РФ                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Российский химико-технологический университет<br>имени Д.И. Менделеева                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Кафедра квантовой химии                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 18.03.01 Химическая технология                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Профиль – «Технология и переработка полимеров»<br>Дисциплина «Основы квантовой химии» |
| <p align="center"><b>Билет № 1</b></p> <p>1. Какие параметры молекулы необходимо задать при решении электронного уравнения Шредингера? Нужно ли задавать базис в полуэмпирических расчетах?</p> <p>2. Как представляют волновую функцию и энергию атома в приближении независимых частиц?</p> <p>3. Рассчитайте номер нижней свободной (вакантной) МО молекулы H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в методе MNDO и неэмпирическом методе ОХФ (RHF).</p> <p>4. Сколько базисных функций используется при расчете молекулы F<sub>2</sub>CH<sub>2</sub> в базисных наборах DZ и 6-31G*?</p> <p>5. Подсчитать число узлов радиальной части атомных орбиталей 2s, 3p.</p> |                                                                                       |

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1 Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. В.Г. Цирельсон Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела [Текст]: учебное пособие / В. Г. Цирельсон. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
2. В.Г. Цирельсон Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела: учебное пособие для вузов: учебное пособие / В. Г. Цирельсон. — 5-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2021. — 522 с. — ISBN 978-5-93208-518-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/172254> (дата обращения: 01.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Б. Дополнительная литература**

1. В.Г. Цирельсон, М.Ф. Бобров. Многоэлектронный атом. М.: РХТУ, 2006, 69с.
2. В.Г. Цирельсон, М.Ф. Бобров. Квантовая химия молекул. М.: РХТУ, 2001, 108 с.
3. В.Г. Цирельсон. Химическая связь и межмолекулярное взаимодействие. М.: РХТУ, 2005, 131с.

### **9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации**

- Журнал структурной химии. ISSN: 0136-7463
- Известия АН: серия химич. ISSN: 1066-5285
- Journal of the American Chemical Society. ISSN:0002-7863
- International Journal of Quantum Chemistry. ISSN: 0020-7608
- Journal of Computational Chemistry. ISSN: 0192-8651.

### **9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- электронный курс лекций;
- компьютерные презентации лекций;
- интерактивные тестовые задания для самоконтроля по квантовой химии;
- раздаточные материалы;
- методические указания к практическим занятиям;
- справочные материалы и гипертекстовый словарь основных терминов и понятий квантовой химии;

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 г. составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные,

справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Основы квантовой химии» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

*Не предусмотрены*

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Персональные компьютеры, укомплектованные USB, CD и DVD возможностями, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам дисциплины.

Электронные образовательные ресурсы: курс лекций, методические указания, электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий и диссертационных работ, выполненных аспирантами и сотрудниками кафедры.

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

| <b>№ п/п</b> | <b>Наименование программного продукта</b> | <b>Реквизиты договора поставки</b> | <b>Количество лицензий</b> | <b>Срок окончания действия лицензии</b> |
|--------------|-------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| 1            | Microsoft Office Professional Plus 2019   | Контракт № 28-35ЭА/2020 от         | Лицензия на ПО,            | 12 месяцев (ежегодное)                  |

|   |                                                                                                                                                                                                              |                                        |                                                                                                                  |                                                                                            |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul> | 26.05.2020                             | принимающее участие в образовательных процессах.                                                                 | продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)                       |
| 2 | Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.                                                                                                                                       | Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021 | Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО) | 12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта) |
| 3 | O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft<br><br>Приложения в составе подписки:<br>Outlook<br>OneDrive<br>Word 365<br>Excel 365<br>PowerPoint 365<br>Microsoft Teams    | Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020  | Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО) | 12 месяцев                                                                                 |
| 4 | Google Chrome                                                                                                                                                                                                | бесплатное ПО                          | -                                                                                                                | -                                                                                          |
| 5 | Firefly                                                                                                                                                                                                      | бесплатное ПО                          | 5                                                                                                                | бессрочно                                                                                  |
| 6 | HyperChem Student                                                                                                                                                                                            | бесплатное ПО                          | 5                                                                                                                | бессрочно                                                                                  |
| 7 | Diamond 2.x                                                                                                                                                                                                  | бесплатное ПО                          | -                                                                                                                | -                                                                                          |

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

| Наименование разделов    | Основные показатели оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Формы и методы контроля и оценки                                                                                                      |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Раздел 1. Общие принципы | <p><i>Знает</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные положения квантовой химии, современной теории химической связи и межмолекулярного взаимодействия и примеры ее применения к конкретным химическим системам;</li> <li>- принципы количественной характеристики атомной и электронной</li> </ul> | <p>Оценка за первую контрольную работу.</p> <p>Оценка за устный опрос на практических занятиях.</p> <p>Оценка за зачет с оценкой.</p> |

|                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                       |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | <p>структуры молекулярных систем;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные взаимосвязи между электронной структурой и физико-химическими свойствами веществ, лежащие в основе управления свойствами;</li> <li>- возможности основных современных квантово-химических расчетных методов и области их применимости.</li> </ul> <p><i>Умеет</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять квантово-химические подходы и методы для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных систем.</li> </ul> <p><i>Владеет</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- элементарными навыками применения квантово-химических подходов и методов и интерпретации результатов при решении практических технологических задач и стандартными квантово-химическими компьютерными программами.</li> </ul>                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                       |
| Раздел 2. Методы квантовой химии. | <p><i>Знает</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные положения квантовой химии, современной теории химической связи и межмолекулярного взаимодействия и примеры ее применения к конкретным химическим системам;</li> <li>- принципы количественной характеристики атомной и электронной структуры молекулярных систем;</li> <li>- основные взаимосвязи между электронной структурой и физико-химическими свойствами веществ, лежащие в основе управления свойствами;</li> <li>- возможности основных современных квантово-химических расчетных методов и области их применимости.</li> </ul> <p><i>Умеет</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять квантово-химические подходы и методы для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных систем.</li> </ul> <p><i>Владеет</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- элементарными навыками применения квантово-химических подходов и методов и интерпретации результатов при решении практических</li> </ul> | <p>Оценка за вторую контрольную работу.</p> <p>Оценка за устный опрос на практических занятиях.</p> <p>Оценка за зачет с оценкой.</p> |

|                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                              | технологических задач и стандартными квантово-химическими компьютерными программами.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                           |
| Раздел 3. Химическая связь и межмолекулярные взаимодействия. | <p><i>Знает</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные положения квантовой химии, современной теории химической связи и межмолекулярного взаимодействия и примеры ее применения к конкретным химическим системам;</li> <li>- принципы количественной характеристики атомной и электронной структуры молекулярных систем;</li> <li>- основные взаимосвязи между электронной структурой и физико-химическими свойствами веществ, лежащие в основе управления свойствами;</li> <li>- возможности основных современных квантово-химических расчетных методов и области их применимости.</li> </ul> <p><i>Умеет</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять квантово-химические подходы и методы для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных систем.</li> </ul> <p><i>Владеет</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- элементарными навыками применения квантово-химических подходов и методов и интерпретации результатов при решении практических технологических задач и стандартными квантово-химическими компьютерными программами.</li> </ul> | <p>Оценка за устный опрос на практических занятиях.</p> <p>Оценка за зачет с оценкой.</p> |

### 13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных

организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**

**«Основы квантовой химии»**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
Профиль подготовки – «Технология и переработка полимеров»

Форма обучения: заочная

| Номер<br>изменения/<br>дополнения | Содержание дополнения/изменения | Основание внесения<br>изменения/дополнения                        |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по учебной работе



С.Н. Филатов

«25» мар 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПРОЦЕССАМИ»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО  
на заседании Методической комиссии**

**РХТУ им. Д.И. Менделеева**

«25» мар 2021 г.

Председатель

Н.А. Макаров

**Москва 2021**

Программа составлена:

ассистентом кафедры ОХТ, Дубко А.И.

доцентом кафедры ОХТ, к.т.н., Золотухиным С.Е.

старшим преподавателем кафедры ОХТ, Сальниковой О.Ю.

доцентом кафедры ОХТ, к.т.н., Харитоновым Н.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Общей химической технологии «17» мая 2021 г., протокол № 12.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Общей химической технологии** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение **одного** семестра.

Дисциплина **«Системы управления химико-технологическими процессами»** относится к обязательной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, физики, процессов и аппаратов химической технологии, общей химической технологии.

**Цель дисциплины** – дать базовые знания по теории систем управления химико-технологическими процессами (СУ ХТП), привить навыки и умения анализа свойств ХТП, как объектов управления и практического применения технических средств управления.

### **Задачи дисциплины:**

- ознакомление с основными понятиями теории автоматического управления технологическими процессами;
- развитие представлений о современных методах анализа статических и динамических характеристик химико-технологического процесса как объекта управления;
- ознакомление со структурами и функциями систем автоматического управления, методами и законами управления ХТП;
- развитие способностей к анализу и синтезу систем автоматического управления ХТП;
- изучение структур и функций систем автоматического управления, методов и законов управления ХТП;
- ознакомления с методами анализа и синтеза систем автоматического управления ХТП и прогнозирования качества их функционирования;
- ознакомления с основными типами функциональных устройств информационно-измерительных систем ХТП;
- изучение автоматических информационно-измерительных систем ХТП, методов и средств диагностики и контроля, анализа точности и надёжности их работы;
- изучение основ проектирования автоматических систем управления ХТП;
- приобретения умения грамотно ставить задачи управления ХТП.

Дисциплина **«Системы управления химико-технологическими процессами»** преподаётся в **7-ом** или **8-ом** семестре. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

### **Общепрофессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

| Наименование категории (группы) ОПК     | Код и наименование ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                | Код и наименование индикатора достижения ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Инженерная и технологическая подготовка | ОПК-4.<br>Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья | ОПК-4.6.<br>Знает основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; типовые системы автоматического управления в химической промышленности; методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров<br><br>ОПК-4.10.<br>Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную схему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса<br><br>ОПК-4.13.<br>Владеет правилами и стандартами разработки схем автоматизации технологических процессов<br><br>ОПК-4.15.<br>Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов |

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основные понятия теории управления;
- статические и динамические характеристики объектов управления;
- основные виды систем автоматического управления (САУ) и законы регулирования;
- типовые САУ в химической промышленности;
- методы и средства измерения основных технологических параметров;
- устойчивость САУ;
- основные понятия о нелинейных САУ, релейных системах, логических алгоритмах управления, адаптивных и оптимальных системах управления.

*Уметь:*

- определять основные статические и динамические характеристики объектов управления;
- выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;
- оценивать устойчивость САУ;
- выбирать конкретные типы приборов для диагностики ХТП.

*Владеть:*

- методами теории автоматического регулирования, организации и расчёта систем оптимального управления процессами химической технологии.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

#### Очная форма обучения

| Вид учебной работы                             | Объем дисциплины |            |            |
|------------------------------------------------|------------------|------------|------------|
|                                                | ЗЕ               | Акад. ч.   | Астр. ч.   |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>5</b>         | <b>180</b> | <b>135</b> |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>1,33</b>      | <b>48</b>  | <b>36</b>  |
| Лекции                                         | 0,433            | 16         | 12         |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,433            | 16         | 12         |
| Лабораторные работы (ЛР)                       | 0,433            | 16         | 12         |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>2,67</b>      | <b>96</b>  | <b>72</b>  |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   | 2,67             | 96         | 72         |
| <b>Вид контроля:</b>                           |                  |            |            |
| <b>Экзамен</b>                                 | <b>1</b>         | <b>36</b>  | <b>27</b>  |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   | 1                | 0,4        | 0,3        |
| Подготовка к экзамену                          |                  | 35,6       | 26,7       |
| <b>Вид итогового контроля</b>                  | <b>экзамен</b>   |            |            |

#### Заочная форма обучения

| Вид учебной работы                             | Объем дисциплины |            |               |
|------------------------------------------------|------------------|------------|---------------|
|                                                | ЗЕ               | Акад. ч.   | Астр. ч.      |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>5</b>         | <b>180</b> | <b>135</b>    |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>0,33</b>      | <b>12</b>  | <b>9</b>      |
| Лекции                                         | 0,11             | 4          | 3             |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,11             | 4          | 3             |
| Лабораторные работы (ЛР)                       | 0,11             | 4          | 3             |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>4,42</b>      | <b>159</b> | <b>119,25</b> |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   | 4,42             | 159        | 119,25        |
| <b>Вид контроля:</b>                           |                  |            |               |
| <b>Экзамен</b>                                 | <b>0,25</b>      | <b>9</b>   | <b>6,75</b>   |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   | 0,25             | 0,4        | 0,3           |
| Подготовка к экзамену                          |                  | 8,6        | 6,45          |
| <b>Вид итогового контроля</b>                  | <b>экзамен</b>   |            |               |

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для очной формы обучения

| №<br>п/п | Раздел дисциплины                                                                                    | Академ. часов |           |           |           |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|          |                                                                                                      | Всего         | Лек       | ПЗ        | ЛР        | СР        |
| 1.       | Раздел 1. Основные понятия управления химико-технологическими процессами.                            | 20            | 3         | 2         | 2         | 12        |
| 2.       | Раздел 2. Основы теории автоматического управления.                                                  | 44            | 8         | 8         | 4         | 24        |
| 3.       | Раздел 3. Измерение технологических параметров химико-технологического процесса.                     | 38            | 3         | 2         | 4         | 28        |
| 4.       | Раздел 4. Основы проектирования автоматических систем управления химико-технологическими процессами. | 42            | 2         | 4         | 6         | 32        |
|          | <b>ИТОГО</b>                                                                                         | <b>144</b>    | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>96</b> |
|          | Экзамен                                                                                              | 36            |           |           |           |           |
|          | <b>ИТОГО</b>                                                                                         | <b>180</b>    |           |           |           |           |

##### 4.2. Разделы дисциплины и виды занятий для заочной формы обучения

| №<br>п/п | Раздел дисциплины                                                                                    | Академ. часов |          |          |          |            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|------------|
|          |                                                                                                      | Всего         | Лек      | ПЗ       | ЛР       | СР         |
| 1.       | Раздел 1. Основные понятия управления химико-технологическими процессами.                            | 21            | 1        | -        | -        | 20         |
| 2.       | Раздел 2. Основы теории автоматического управления.                                                  | 52            | 1        | 4        | 2        | 45         |
| 3.       | Раздел 3. Измерение технологических параметров химико-технологического процесса.                     | 58            | 1        | -        | 2        | 55         |
| 4.       | Раздел 4. Основы проектирования автоматических систем управления химико-технологическими процессами. | 40            | 1        | -        | -        | 39         |
|          | <b>ИТОГО</b>                                                                                         | <b>171</b>    | <b>4</b> | <b>4</b> | <b>4</b> | <b>159</b> |
|          | Экзамен                                                                                              | 9             |          |          |          |            |
|          | <b>ИТОГО</b>                                                                                         | <b>180</b>    |          |          |          |            |

### 4.3. Содержание разделов дисциплины

#### **Раздел 1. Основные понятия управления химико-технологическими процессами.**

Значение автоматического управления для развития химической промышленности. Особенности управления химическим предприятием и химико-технологическим процессом. Технико-экономический эффект внедрения автоматизированных систем управления. Роль систем управления в обеспечении безопасности химического производства и охраны окружающей среды. Основные термины и определения. Иерархия управления. Основные принципы управления. Классификация систем управления. Функциональная структура САУ. Показатели качества управления.

#### **Раздел 2. Основы теории автоматического управления.**

Математические модели САУ. Динамические характеристики САУ. Использование операционного исчисления для анализа САУ. Типовые динамические звенья. Временные и частотные характеристики. Эквивалентные преобразования структурных схем. Устойчивость линейных САУ с обратной связью. Классификация и основные свойства объектов управления. Методы определения свойств объектов управления. Основные законы регулирования. Регуляторы на основе искусственных нейронных сетей. Цифровые и робастные системы управления. Выбор закона регулирования и определение оптимальных параметров настройки промышленных регуляторов.

#### **Раздел 3. Измерение технологических параметров химико-технологического процесса.**

Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации. Основные термины и определения метрологии. Методы измерений. Средства измерительной техники, их статические и динамические свойства. Погрешности измерений. Способы передачи информации на расстояние. Организация дистанционной диагностики ХТП. Измерение основных технологических параметров: давления, температуры, расхода и количества, уровня жидкости и сыпучих материалов, состава и физико-химических свойств веществ.

#### **Раздел 4. Основы проектирования автоматических систем управления химико-технологическими процессами.**

Особенности управления ХТП. Регулирование основных технологических параметров: расхода, давления, температуры, уровня, pH. Технические средства САУ. Основные разновидности управляющих устройств. Типы, характеристики и расчёт исполнительных механизмов и регулирующих органов. Оформление проектного задания на автоматизацию технологического процесса. Выбор точек измерения, контроля, управляемых параметров и управляющих воздействий. Стандарты и условные обозначения для технологических схем. Основные сведения об АСУ ТП в химической промышленности. Примеры АСУ ТП в химической промышленности. Основные выводы по курсу. Современные тенденции в развитии СУ ХТП.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| №               | В результате освоения дисциплины студент должен:                                                                                      | Раздел<br>1 | Раздел<br>2 | Раздел<br>3 | Раздел<br>4 |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Знать:</b>   |                                                                                                                                       |             |             |             |             |
| 1               | основные понятия теории управления;                                                                                                   | +           | +           | +           | +           |
| 2               | статические и динамические характеристики объектов управления;                                                                        | +           | +           | +           | +           |
| 3               | основные виды САУ и законы регулирования;                                                                                             | +           | +           |             | +           |
| 4               | типовые САУ в химической промышленности;                                                                                              | +           | +           | +           | +           |
| 5               | методы и средства измерения основных технологических параметров;                                                                      |             |             | +           | +           |
| 6               | устойчивость САУ;                                                                                                                     | +           | +           |             | +           |
| 7               | основные понятия о нелинейных САУ, релейных системах, логических алгоритмах управления, адаптивных и оптимальных системах управления. | +           | +           |             | +           |
| <b>Уметь:</b>   |                                                                                                                                       |             |             |             |             |
| 8               | определять основные статические и динамические характеристики объектов управления;                                                    | +           | +           | +           | +           |
| 9               | выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;                                                                | +           | +           | +           | +           |
| 10              | оценивать устойчивость САУ;                                                                                                           | +           | +           |             | +           |
| 11              | выбирать конкретные типы приборов для диагностики ХТП.                                                                                |             |             | +           | +           |
| <b>Владеть:</b> |                                                                                                                                       |             |             |             |             |
| 12              | методами теории автоматического регулирования, организации и расчёта систем оптимального управления процессами химической технологии. | +           | +           | +           | +           |

| В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <b>общепрофессиональные</b> компетенции и индикаторы их достижения: |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |             |             |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                                          | Код и наименование ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                | Код и наименование индикатора достижения ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Раздел<br>1 | Раздел<br>2 | Раздел<br>3 | Раздел<br>4 |
| 13                                                                                                                                       | ОПК-4.<br>Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья | ОПК-4.6.<br>Знает основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; типовые системы автоматического управления в химической промышленности; методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров | +           | +           | +           | +           |
| 14                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК-4.10.<br>Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную схему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса                                                                                                                                      | +           | +           | +           | +           |
| 15                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК-4.13.<br>Владеет правилами и стандартами разработки схем автоматизации технологических процессов                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |             |             | +           |
| 16                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК-4.15.<br>Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов                                                                                                                                                                                                                                                    | +           | +           | +           | +           |

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

| № п/п | № раздела дисциплины | Темы практических занятий                                                                                                                                                   | Часы (очн. форма) | Часы, (заочн. форма) |
|-------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
| 1     | 1, 2                 | Динамические свойства объектов управления. Модели устойчивых (апериодических, колебательных), нейтральных и неустойчивых объектов управления.                               | 3                 | 0,75                 |
| 2     | 1, 2                 | Определение параметров математической модели по переходной характеристике объекта управления.                                                                               | 3                 | 0,75                 |
| 3     | 2, 4                 | Структурные схемы. Типовые соединения динамических звеньев. Эквивалентные преобразования структурных схем.                                                                  | 3                 | 0,75                 |
| 4     | 2, 4                 | Устойчивость линейных САУ с обратной связью. Критерии устойчивости САУ. Расчёт САУ на устойчивость.                                                                         | 4                 | 1                    |
| 5     | 2, 4                 | Выбор закона регулирования, исходя из свойств объекта управления и требований к качеству управления. Определение оптимальных параметров настройки промышленных регуляторов. | 3                 | 0,75                 |

### 6.2 Лабораторные занятия

В практикум входит 3 работы из 4, указанных в таблице. Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет **30** баллов (максимально по **10** баллов за каждую работу).

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ                                                                                                                        |
|-------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 1, 2, 3, 4           | Статические и динамические характеристики системы регулирования. Настройка системы автоматического регулирования расхода с применением ПИД-регулятора. |
| 2     | 1, 2, 3, 4           | Системы релейного регулирования уровня.                                                                                                                |
| 3     | 1, 2, 3, 4           | Создание системы регулирования давления на базе измерителя-регулятора OVEN TPM210 и SCADA-системы TRACE MODE.                                          |
| 4     | 1, 2, 3, 4           | Настройки цифрового регулятора температуры ТЕРМОДАТ 25K5 применительно к системам регулирования температуры.                                           |

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- изучение лекционного материала и учебника по дисциплине;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу дисциплины;
- подготовку к сдаче *экзамена* и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка **30** баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка **30** баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка **40** баллов).

### 8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено **3** контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы составляет **10** баллов за первую и **15** баллов за вторую и третью.

Для текущего контроля предусмотрено **3** контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы составляет **10** баллов за каждую контрольную работу.

**Раздел 2. Пример контрольной работы № 1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса, 4 балла за первый вопрос, по 3 балла за второй и третий вопросы.**

1. Концентрация продукта реакции на выходе из реактора с мешалкой ( $c$ , моль/м<sup>3</sup>) зависит от расхода подаваемого в реактор реагента ( $F$ , кг/мин) в соответствии с уравнением:

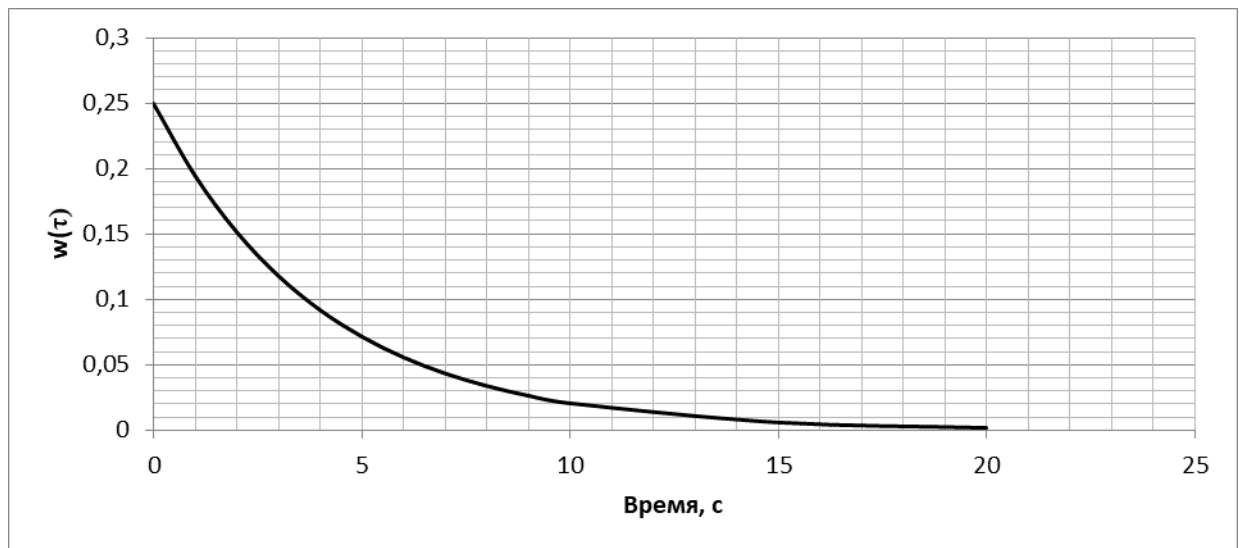
$$3 \frac{dc(\tau)}{d\tau} + c(\tau) = F(\tau - 2)$$

где постоянная времени и время запаздывания даны в минутах.

Определите, как будет меняться концентрация продукта ( $c$ ), после ступенчатого изменения расхода реагента от 3 кг/мин до 5 кг/мин, если перед этим реактор находился в статическом режиме ( $c_0$  найти из уравнения статики). Нарисуйте соответствующую кривую отклика.

При решении необходимо преобразовать исходное уравнение к уравнению в отклонениях от первоначального статического режима, сделав тем самым начальные условия нулевыми, и решить его с помощью преобразования Лапласа.

2. Импульсная переходная характеристика статического звена первого порядка изображена на рисунке:



Найдите параметры передаточной функции этого звена,  
Найдите отклик полученного звена на входное воздействие  $x=2\tau \cdot 1(\tau)$  и изобразите его графически.

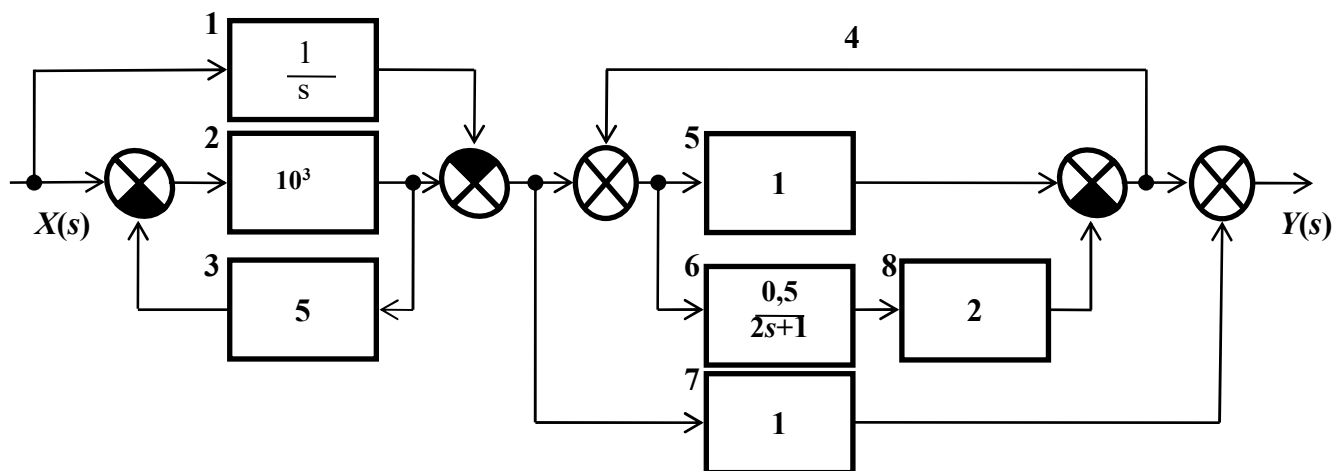
3. Дана передаточная функция объекта:

$$W(s) = \frac{1}{3s}$$

Определите, какому типовому динамическому звену соответствует объект. Получите переходную функцию звена и нарисуйте соответствующую кривую разгона. Найдите отклик звена на входное воздействие  $x=3\tau \cdot 1(\tau)$ .

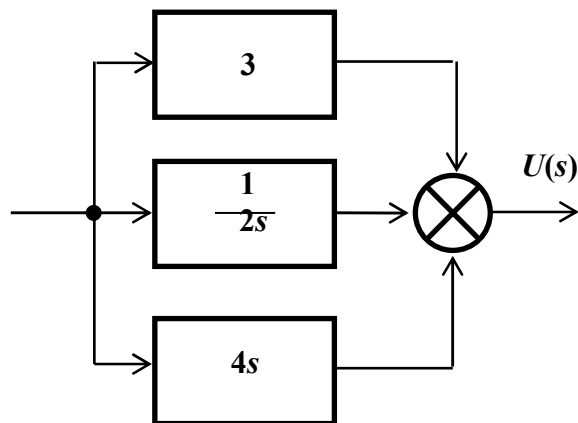
**Раздел 2. Пример контрольной работы № 2. Максимальная оценка – 10 баллов.**  
**Контрольная работа содержит 3 вопроса, 5 баллов за первый вопрос, 3 балла за второй вопрос, 2 балла за третий вопрос.**

1. Дана комбинация динамических звеньев:



Назовите звенья. Получите передаточную функцию комбинации. Какому типовому динамическому звену эквивалентна комбинация? Постройте рамповую переходную характеристику полученного звена.

2. На рисунке приведена схема регулятора.



Получите его передаточную функцию. Какой закон регулирования реализуется? Постройте переходную характеристику регулятора.

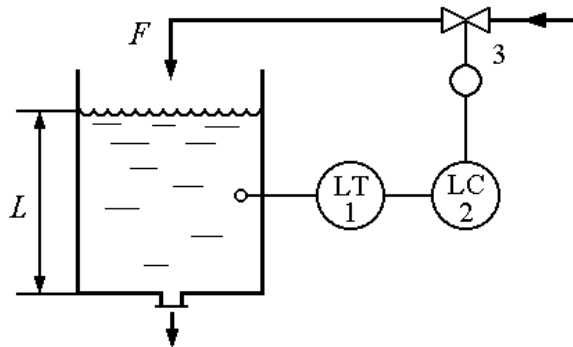
3. Идеальное интегрирующее звено. Пример. Передаточная функция идеального интегрирующего звена.

**Раздел 2. Пример контрольной работы № 3. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 1 вопрос.**

Для напорного бака при небольших изменениях уровня справедлива зависимость, связывающая уровень жидкости в баке и расход на линии притока в бак:

$$2 \frac{dL}{d\tau} + L = 1,6 F,$$

где  $L$ , м – уровень жидкости в напорном баке;  $F$ , м<sup>3</sup>/мин – приток жидкости в напорный бак.



Уровень в напорном баке регулируется изменением притока. В систему автоматического регулирования входят: напорный бак, датчик уровня 1, регулятор 2, исполнительное устройство 3 (исполнительный механизм с регулирующим клапаном). Измерительный прибор и исполнительное устройство имеют передаточные функции

$$W_1(s) = \frac{1}{0,1s + 1},$$

$$W_3(s) = \frac{5}{0,5s + 1}.$$

Регулятор 2 формирует пропорциональный закон регулирования.

Постоянная времени в уравнении и передаточных функциях дана в минутах.

1) Определите, как будет меняться уровень  $L(\tau)$ , если в момент, когда напорный бак находился в статическом режиме, а регулятор уровня был отключён, произошло ступенчатое изменение расхода  $F$  на линии притока от 2,0 м<sup>3</sup>/мин до 2,2 м<sup>3</sup>/мин.

2) Определите коэффициент усиления регулятора, при котором система регулирования будет иметь запас устойчивости по амплитуде 40%.

## 8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины.

Билет для *экзамена* включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит **3** вопроса. Первый вопрос – **10** баллов, второй вопрос – **15** баллов, третий вопрос – **15** баллов.

1. Понятие типового динамического звена. Применение звеньев. Основные типы звеньев и их характеристики.
2. Использование преобразования Лапласа при рассмотрении систем автоматического регулирования (примеры).
3. Передаточные функции. Их получение и использование.
4. Частотная передаточная функция. Применение, примеры.
5. Передаточные функции типовых комбинаций звеньев.
6. Изменение свойств динамического звена с помощью обратной связи (примеры).
7. Получение временных характеристик объекта экспериментально и из его дифференциального уравнения, их использование.
8. Частотные характеристики звеньев.
9. Исследование систем управления с помощью частотных характеристик.
10. Статические звенья нулевого и первого порядка, их характеристики, примеры.
11. Статические звенья второго порядка: уравнение, характеристики, основные свойства.
12. Идеальное интегрирующее звено: уравнение, характеристики, основные свойства.
13. Звено запаздывания: уравнение, характеристики, примеры.
14. Дифференцирующие звенья: уравнение, характеристики, основные свойства.
15. Устойчивость систем автоматического регулирования.
16. Предельное усиление регулятора и обеспечение запаса устойчивости.
17. Определение устойчивости систем автоматического регулирования с помощью частотного критерия устойчивости Найквиста.
18. Определение параметров настройки регулятора с помощью частотного критерия устойчивости Найквиста.
19. Статические, нейтральные и неустойчивые объекты регулирования.
20. Самовывравнивание объектов регулирования: характеристики, примеры.
21. Объекты регулирования с сосредоточенными параметрами и с распределёнными параметрами. Особенности регулирования объектов с распределёнными параметрами.
22. Выбор закона действия регулятора и параметров его настройки в зависимости от свойств объекта регулирования.
23. Влияние свойств объекта регулирования: на выбор структуры системы регулирования; на выбор закона действия регулятора; на качество регулирования.
24. Основные линейные законы регулирования: уравнения, основные свойства, примеры.
25. Классификация и особенности законов регулирования.
26. Пропорциональный закон регулирования: уравнение, основные свойства, характеристики.
27. Пропорциональный и пропорционально-дифференциальный законы регулирования: уравнения, характеристики, основные свойства.
28. Интегральный закон регулирования: уравнение, характеристики, основные свойства.
29. Пропорционально-интегральный закон регулирования: уравнение, характеристики, основные свойства.
30. Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования: уравнение, характеристики, основные свойства.

31. Регулирование с предварением. Пропорционально-дифференциальный и пропорционально-интегрально-дифференциальный законы регулирования.
32. Основные методы измерения: их особенности, достоинства, недостатки, примеры.
33. Компенсационный метод измерения (на примере электрических измерений).
34. Структурная схема измерительной системы (устройства). Функции приборов автоматического контроля.
35. Структурные схемы цифрового измерительного устройства и измерительного канала информационно-измерительной системы.
36. Статические свойства измерительных приборов.
37. Статические и динамические свойства средств измерения и других элементов САР, их влияние на качество регулирования.
38. Переходные характеристики средств измерения.
39. Погрешности измерений.
40. Измерение электрического сопротивления как носителя информации о состоянии химико-технологического процесса.
41. Измерение электрического напряжения как носителя информации о состоянии химико-технологического процесса.
42. Измерительные преобразователи. Структура и надёжность измерительных преобразователей.
43. Классификация приборов для измерения температуры.
44. Погрешности измерения температуры контактным и бесконтактным методами.
45. Термоэлектрические термометры.
46. Термоэлектрические термометры и термометры сопротивления.
47. Измерение температуры с помощью термоэлектрических преобразователей (термопар).
48. Измерение температуры с помощью манометрических термометров и термометров расширения.
49. Измерение температуры бесконтактным методом.
50. Термометры излучения.
51. Основные конструкции приборов для измерения давления. Защита манометров от воздействия агрессивных, горячих и загрязнённых сред.
52. Измерение расхода газов и жидкостей. Расходомеры переменного и постоянного перепада давления.
53. Измерение расхода газов и жидкостей. Электромагнитный, ультразвуковой, вихревой и кориолисов расходомеры.
54. Измерение расхода газов и жидкостей на основе тепловых явлений.
55. Объёмные счётчики газа и жидкости.
56. Измерение уровня жидкости. Гидростатические, ёмкостные, ультразвуковые уровнемеры.
57. Термокондуктометрический и термохимический газоанализаторы.
58. Термомагнитный газоанализатор.
59. Газоанализаторы инфракрасного поглощения.
60. Назначение, цели и функции систем управления химико-технологическими процессами.
61. Особенности управления химико-технологическими процессами. Основные типы систем автоматического регулирования.
62. Классификация регуляторов по различным признакам.
63. Классификация систем автоматического управления по различным признакам.
64. Системы автоматического управления без обратной связи и с обратной связью. Комбинированные системы управления.
65. Регулирование без обратной связи (регулирование по возмущающему воздействию).
66. Одноконтурные и многоконтурные системы автоматического регулирования.

67. Многоконтурные системы автоматического регулирования (системы каскадного и связанного регулирования).
68. Функциональная структура системы автоматического регулирования.
69. Критерии (показатели) качества регулирования.
70. Исполнительные устройства САР.
71. Исполнительные механизмы систем автоматического регулирования.
72. Регулирующие органы САР: конструкция, характеристики, свойства.
73. Классификация и характеристики регулирующих органов САР.
74. SCADA-системы: назначение, основные задачи, возможности.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### 8.3. Структура и примеры билетов для экзамена

**Экзамен** по дисциплине «*Системы управления химико-технологическими процессами*» проводится в **7-ом** или **8-ом** семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для **экзамена** состоит из **3** вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **экзамена**:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <p>«Утверждаю»</p> <p>заведующий кафедрой<br/>ОХТ</p> <p>_____ В.Н. Грунский</p> <p>«__» _____ 2021 г.</p>                                                                                                                                                                                                                                          | Министерство науки и высшего образования РФ                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Российский химико-технологический университет<br>имени Д.И. Менделеева   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Кафедра <i>Общей химической технологии</i>                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>18.03.01 Химическая технология</i>                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Дисциплина: <i>Системы управления химико-технологическими процессами</i> |
| <p align="center"><b>Билет № 1</b></p> <p>1. Понятие типового динамического звена. Применение звеньев. Основные типы звеньев и их характеристики.</p> <p>2. Измерение электрического напряжения как носителя информации о состоянии химико-технологического процесса.</p> <p>3. Функциональная структура системы автоматического регулирования.</p> |                                                                          |

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Беспалов А. В., Харитонов Н. И. Системы управления химико-технологическими процессами. Учебник для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 690 с. (**базовый учебник**)
2. Беспалов А.В., Грунский В.Н., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами: иллюстративные материалы. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 76 с.

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Беспалов А. В., Харитонов Н. И. Задачник по системам управления химико-технологическими процессами. Учебное пособие для вузов. М: ИКЦ «Академкнига», 2005. 307 с.
2. Беспалов А. В., Харитонов Н. И., Золотухин С. Е., Финякин Л. Н., Садиленко А. С., Грунский В. Н. Динамические звенья. Частотные характеристики. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2003. 84 с.
3. Беспалов А. В., Харитонов Н. И., Золотухин С. Е., Финякин Л. Н., Садиленко А. С., Грунский В. Н. Динамические звенья. Временные характеристики. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2002. 80 с.
4. Дорф Р. К., Бишоп З. Х. Современные системы управления/ Пер. с английского Б. И. Копылова. М.: Бином, 2012. 832 с.

## **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Современные технологии автоматизации» («СТА») ISSN 0206-975X
- Журнал «Автоматизация в промышленности» ISSN 1819-5962
- Журнал «Автоматизация. Современные технологии» ISSN 0869-4931

## **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций (общее число слайдов – 154);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 150);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число билетов – 50).

Для освоения дисциплины в дистанционном режиме преподаватели могут использовать следующие средства коммуникации со студентами:

- электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС);
- корпоративная электронная почта;
- <https://etutorium.ru/> – LMS eTutorium;
- <https://zoom.us/> – LMS Zoom.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Системы управления химико-технологическими процессами*» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Лекционная учебная аудитория, оборудованная меловой доской и учебной мебелью, учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная меловой доской и учебной мебелью, компьютерный зал для проведения лабораторного практикума с 7 рабочими местами, 7 персональными компьютерами и 7 стендами по регулированию и измерению основных технологических параметров (давление, уровень, расход, температура).

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Презентации лекционного материала.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Для самостоятельной работы каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к нескольким электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам), содержащим все издания основной литературы, перечисленные в рабочей программе дисциплины, сформированным на основании прямых договорных отношений с правообладателями.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине, методические рекомендации к практическим занятиям; раздаточный материал к лекционным курсам; электронные учебные издания.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

| № п/п | Наименование программного продукта                                     | Реквизиты договора поставки           | Количество лицензий | Срок окончания действия лицензии                           |
|-------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------|
| 1     | WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine                                   | Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013 | 14                  | бессрочно                                                  |
| 2     | Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. | Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020 | 14                  | 12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода |

|   |                          |                                 |   |                                |
|---|--------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------|
|   |                          |                                 |   | на обновлённую версию продукта |
| 3 | Trace Mode 6             | ПО находится в открытом доступе | 7 | бессрочная                     |
| 4 | Microsoft WhiteBoard 3.0 | ПО находится в открытом доступе | 1 | бессрочная                     |

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

| Наименование разделов                                                               | Основные показатели оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Формы и методы контроля и оценки                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1.</b><br>Основные понятия управления химико-технологическими процессами. | <i>Знает:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные понятия теории управления;</li> <li>– статические и динамические характеристики объектов управления;</li> <li>– основные виды САУ и законы регулирования;</li> <li>– типовые САУ в химической промышленности;</li> <li>– устойчивость САУ;</li> <li>– основные понятия о нелинейных САУ, релейных системах, логических алгоритмах управления, адаптивных и оптимальных системах управления.</li> </ul> <i>Умеет:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять основные статические и динамические характеристики объектов управления;</li> <li>– выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;</li> <li>– оценивать устойчивость САУ.</li> </ul> <i>Владеет:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами теории автоматического регулирования, организации и расчёта систем оптимального управления процессами химической технологии.</li> </ul> | Оценка за лабораторный практикум<br><br>Оценка за экзамен            |
| <b>Раздел 2.</b><br>Основы теории автоматического управления.                       | <i>Знает:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные понятия теории управления;</li> <li>– статические и динамические характеристики объектов управления;</li> <li>– основные виды САУ и законы</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Оценка за контрольные работы № 1, 2, 3<br><br>Оценка за лабораторный |

|                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                    | <p>регулирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– типовые САУ в химической промышленности;</li> <li>– устойчивость САУ;</li> <li>– основные понятия о нелинейных САУ, релейных системах, логических алгоритмах управления, адаптивных и оптимальных системах управления.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять основные статические и динамические характеристики объектов управления;</li> <li>– выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;</li> <li>– оценивать устойчивость САУ.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами теории автоматического регулирования, организации и расчёта систем оптимального управления процессами химической технологии.</li> </ul>                                                  | <p>практикум</p> <p>Оценка за экзамен</p>                        |
| <p><b>Раздел 3.</b><br/>Измерение технологических параметров химико-технологического процесса.</p> | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные понятия теории управления;</li> <li>– статические и динамические характеристики объектов управления;</li> <li>– типовые САУ в химической промышленности;</li> <li>– методы и средства измерения основных технологических параметров.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять основные статические и динамические характеристики объектов управления;</li> <li>– выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;</li> <li>– выбирать конкретные типы приборов для диагностики ХТП.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами теории автоматического регулирования, организации и расчёта систем оптимального управления процессами химической технологии.</li> </ul> | <p>Оценка за лабораторный практикум</p> <p>Оценка за экзамен</p> |

|                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Раздел 4.</b><br/>Основы проектирования автоматических систем управления химико-технологическими процессами.</p> | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные понятия теории управления;</li> <li>– статические и динамические характеристики объектов управления;</li> <li>– основные виды САУ и законы регулирования;</li> <li>– типовые САУ в химической промышленности;</li> <li>– методы и средства измерения основных технологических параметров;</li> <li>– устойчивость САУ;</li> <li>– основные понятия о нелинейных САУ, релейных системах, логических алгоритмах управления, адаптивных и оптимальных системах управления.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять основные статические и динамические характеристики объектов управления;</li> <li>– выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;</li> <li>– оценивать устойчивость САУ;</li> <li>– выбирать конкретные типы приборов для диагностики ХТП.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами теории автоматического регулирования, организации и расчёта систем оптимального управления процессами химической технологии.</li> </ul> | <p>Оценка за лабораторный практикум</p> <p>Оценка за экзамен</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Системы управления химико-технологическими процессами»**

**основной образовательной программы**  
**18.03.01 Химическая технология**

Форма обучения: *очная, заочная*

| Номер<br>изменения/<br>дополнения | Содержание дополнения/изменения | Основание внесения<br>изменения/дополнения                        |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета №_____от<br>«___»_____20__г. |

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физическая химия**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
Профиль подготовки- «Технология и переработка полимеров»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2021**

Программа составлена заведующим кафедрой физической химии О.А. Райтманом, ассистентом кафедры физической химии Н.Ю. Спицыным.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физической химии «16» апреля 2021 г., протокол №11

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направления подготовки **18.03.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой **Физической химии** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение курса в течение 2 семестров.

Дисциплина «**Физическая химия**» относится к обязательной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области естественных наук.

**Цель дисциплины** – раскрыть смысл основных законов, управляющих ходом химического процесса, показать области приложения этих законов и научить студента грамотно применять их при решении конкретных теоретических и практических задач, понять основные кинетические закономерности протекания химических процессов и роль катализа для химической технологии.

**Задачи дисциплины** – показать значение физической химии как теоретической основы процессов химической технологии; выработать у студентов навыки применения полученных знаний к предсказанию принципиальной возможности, направления, скорости и конечного результата химических процессов; дать представления о современных экспериментальных методах исследования физико-химических процессов.

Дисциплина «**Физическая химия**» преподается в 4ом и 5ом семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «*Физическая химия*» направлено на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

| Наименование категории (группы) ОПК | Код и наименование ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                          | Код и наименование индикатора достижения ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Естественно-научная подготовка      | ОПК-1<br>Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов элементов, соединений, веществ и материалов | ОПК-1.3<br>Знает основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов), способы их применения для решения теоретических и прикладных задач, роль физической химии как теоретического фундамента современной химии и процессов химической технологии<br>ОПК-1.7<br>Умеет прогнозировать влияние различных факторов на химическое равновесие, на фазовое равновесие, на равновесие в растворах электролитов, на потенциал электродов и ЭДС гальванических элементов, на направление и скорость химических реакций; составлять кинетические уравнения для кинетически простых реакций, классифицировать электроды и электрохимические цепи, пользоваться справочной литературой по физической химии.<br>ОПК-1.11<br>Владеет навыками проведения типовых физико-химических исследований и навыками решения типовых задач в области химической термодинамики, фазовых равновесий и фазовых переходов, электрохимии, химической кинетики. |

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических характеристик процесса;
- пути определения важнейших характеристик химического равновесия (константы равновесия, равновесного выхода продукта, степени превращения исходных веществ) и влияния различных факторов на смещение химического равновесия;

- термодинамическое описание свойств идеальных и неидеальных растворов, подходы к нахождению парциальных молярных величин компонентов раствора.
- теорию гальванических явлений;
- теории кинетики, пути теоретического расчета скоростей химических реакций и ограничения в применимости расчетных методов;
- основные черты гомогенного и гетерогенного катализа, причины ускорения химического процесса в присутствии катализатора.

*Уметь:*

- применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач;
- предсказывать и находить оптимальные условия проведения химического процесса с целью получения максимально возможного выхода интересующего продукта;
- применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии для решения вопросов, возникающих при изучении кинетики химических реакций;
- проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведённых опытов.

*Владеть:*

- комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач;
- навыками определения состояния равновесия и самопроизвольного направления химического процесса;
- знаниями основных законов физической химии для содержательной интерпретации термодинамических расчётов;
- методами определения порядка и скорости реакции, установления лимитирующей стадии и механизма изучаемой химической реакции;
- навыками составления гальванических элементов для целей определения термодинамических характеристик и констант равновесия исследуемой реакции;
- знаниями основных законов химической кинетики, влияния различных факторов (температуры, давления, катализатора) на скорость химической реакции.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Вид учебной работы                           | Всего |          | Семестр |          |         |          |
|----------------------------------------------|-------|----------|---------|----------|---------|----------|
|                                              |       |          | 4       |          | 5       |          |
|                                              | ЗЕ    | Акад. ч. | ЗЕ      | Акад. ч. | ЗЕ      | Акад. ч. |
| Общая трудоемкость дисциплины                | 14    | 504      | 7       | 252      | 7       | 252      |
| Контактная работа – аудиторные занятия:      | 5,34  | 192      | 2,67    | 96       | 2,67    | 96       |
| Лекции                                       | 1,78  | 64       | 0,89    | 32       | 0,89    | 32       |
| Практические занятия (ПЗ)                    | 1,78  | 64       | 0,89    | 32       | 0,89    | 32       |
| Лабораторные работы (ЛР)                     | 1,78  | -        | 0,89    | 32       | 0,89    | 32       |
| Самостоятельная работа                       | 6,66  | 240      | 3,33    | 120      | 3,33    | 120      |
| Контактная самостоятельная работа            |       | -        | 3,33    | -        | 3,33    | -        |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |       | 240      |         | 120      |         | 120      |
| Виды контроля:                               |       |          |         |          |         |          |
| Экзамен                                      | 2     | 72       | 1       | 36       | 1       | 36       |
| Контактная работа – промежуточная аттестация | 2     | 0,8      | 1       | 0,4      | 1       | 0,4      |
| Подготовка к экзамену                        |       | 71,2     |         | 35,6     |         | 35,6     |
| Вид итогового контроля:                      |       |          | Экзамен |          | Экзамен |          |

| Вид учебной работы                           | Всего |          | Семестр |          |         |          |
|----------------------------------------------|-------|----------|---------|----------|---------|----------|
|                                              |       |          | 4       |          | 5       |          |
|                                              | ЗЕ    | Астр. ч. | ЗЕ      | Астр. ч. | ЗЕ      | Астр. ч. |
| Общая трудоемкость дисциплины                | 14    | 378      | 7       | 189      | 7       | 189      |
| Контактная работа – аудиторные занятия:      | 5,34  | 144      | 2,67    | 72       | 2,67    | 72       |
| Лекции                                       | 1,78  | 48       | 0,89    | 24       | 0,89    | 24       |
| Практические занятия (ПЗ)                    | 1,78  | 48       | 0,89    | 24       | 0,89    | 24       |
| Лабораторные работы (ЛР)                     | 1,78  | 48       | 0,89    | 24       | 0,89    | 24       |
| Самостоятельная работа                       | 6,66  | 180      | 3,33    | 90       | 3,33    | 90       |
| Контактная самостоятельная работа            |       | -        | 3,33    | -        | 3,33    | -        |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |       | 180      |         | 90       |         | 90       |
| Виды контроля:                               |       |          |         |          |         |          |
| Экзамен                                      | 2     | 54       | 1       | 27       | 1       | 27       |
| Контактная работа – промежуточная аттестация | 2     | 0,6      | 1       | 0,3      | 1       | 0,3      |
| Подготовка к экзамену                        |       | 53,4     |         | 26,7     |         | 26,7     |
| Вид итогового контроля:                      |       |          | Экзамен |          | Экзамен |          |

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| №<br>п/п  | Раздел дисциплины                                                                      | Академ. часов |             |               |                     |                     |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|---------------|---------------------|---------------------|
|           |                                                                                        | Всего         | Лек-<br>ции | Прак.<br>зан. | Лаб.<br>рабо-<br>ты | Сам.<br>рабо-<br>та |
| <b>1.</b> | <b>Раздел 1. Химическая термодинамика</b>                                              | <b>92</b>     | <b>18</b>   | <b>18</b>     | <b>8</b>            | <b>48</b>           |
| 1.1       | Первый закон термодинамики                                                             | 32            | 6           | 6             | 4                   | 16                  |
| 1.2       | Второй закон термодинамики                                                             | 28            | 6           | 6             | -                   | 16                  |
| 1.3       | Химическое равновесие                                                                  | 32            | 6           | 6             | 4                   | 16                  |
| <b>2.</b> | <b>Раздел 2. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах</b>                        | <b>44</b>     | <b>4</b>    | <b>4</b>      | <b>6</b>            | <b>30</b>           |
| 2.1       | Фазовые переходы и фазовая диаграмма состояния для однокомпонентных систем             | 19            | 2           | 2             | -                   | 15                  |
| 2.2       | Определение термодинамических функций процесса фазового перехода                       | 25            | 2           | 2             | 6                   | 15                  |
| <b>3.</b> | <b>Раздел 3. Термодинамическая теория растворов</b>                                    | <b>40</b>     | <b>6</b>    | <b>6</b>      | <b>6</b>            | <b>22</b>           |
| 3.1       | Основы термодинамики растворов. Парциальные мольные величины                           | 10            | 2           | 2             | -                   | 6                   |
| 3.2       | Термодинамическое описание идеальных и неидеальных растворов                           | 10            | 2           | 2             | -                   | 6                   |
| 3.3       | Коллигативные свойства разбавленных растворов нелетучих веществ в летучем растворителе | 20            | 2           | 2             | 6                   | 10                  |
| <b>4.</b> | <b>Раздел 4. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах</b>                       | <b>40</b>     | <b>4</b>    | <b>4</b>      | <b>12</b>           | <b>20</b>           |
| 4.1       | Равновесие «жидкий раствор - насыщенный пар» в двухкомпонентных системах               | 20            | 2           | 2             | 6                   | 10                  |
| 4.2       | Равновесие «жидкость-твердое» в двухкомпонентных системах                              | 20            | 2           | 2             | 6                   | 10                  |
| <b>5.</b> | <b>Раздел 5. Растворы электролитов</b>                                                 | <b>56</b>     | <b>8</b>    | <b>8</b>      | <b>10</b>           | <b>30</b>           |
| 5.2       | Растворы электролитов в статических условиях                                           | 22            | 4           | 4             | -                   | 14                  |
| 5.3       | Растворы электролитов в динамических условиях                                          | 34            | 4           | 4             | 10                  | 16                  |
| <b>6.</b> | <b>Раздел 6. Электрохимические системы (цепи)</b>                                      | <b>56</b>     | <b>8</b>    | <b>6</b>      | <b>12</b>           | <b>30</b>           |
| 6.1       | ЭДС и электродные потенциалы                                                           | 28            | 4           | 3             | 6                   | 15                  |
| 6.2       | Гальванические элементы                                                                | 28            | 4           | 3             | 6                   | 15                  |
| <b>7.</b> | <b>Раздел 7. Химическая кинетика</b>                                                   | <b>76</b>     | <b>14</b>   | <b>16</b>     | <b>6</b>            | <b>40</b>           |

|           |                                 |            |           |           |           |            |
|-----------|---------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 7.1       | Формальная кинетика             | 32         | 6         | 10        | 6         | 10         |
| 7.2       | Теории химической кинетики      | 22         | 4         | 3         | -         | 15         |
| 7.3       | Фотохимические и цепные реакции | 22         | 4         | 3         | -         | 15         |
| <b>8.</b> | <b>Раздел 8. Катализ</b>        | <b>28</b>  | <b>2</b>  | <b>2</b>  | <b>4</b>  | <b>20</b>  |
|           | <b>ИТОГО</b>                    | <b>432</b> | <b>64</b> | <b>64</b> | <b>64</b> | <b>240</b> |
|           | <b>Экзамен</b>                  | <b>72</b>  |           |           |           |            |
|           | <b>ИТОГО</b>                    | <b>504</b> |           |           |           |            |

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### 4 семестр

#### Раздел 1. Химическая термодинамика

##### 1.1. Первый закон термодинамики

Термодинамические системы и термодинамические параметры. Экстенсивные и интенсивные свойства системы. Термодинамический процесс. Функции состояния и функции процесса. Внутренняя энергия и энтальпия, их свойства. Теплота и работа как формы передачи энергии. Работа расширения газа и полезная работа. Формулировки первого начала термодинамики. Взаимосвязь теплоты, работы и изменения внутренней энергии в изохорном, изобарном и изотермическом процессах. Теплоёмкость вещества – изохорная или изобарная, молярная, удельная. Теплоёмкость идеальных газов, взаимосвязь молярных теплоёмкостей  $C_p$  и  $C_v$  идеального газа. Теплоёмкость твердых веществ и жидкостей. Зависимость молярной изобарной теплоёмкости вещества от температуры, эмпирические уравнения (степенные ряды), их применимость. Закон кубов Дебая, правило Дюлонга и Пти. Средняя изобарная теплоёмкость вещества в интервале температур. Температурная зависимость приращения энтальпии вещества ( $H_T - H_0$ ) при постоянном давлении с учётом фазовых переходов. Тепловой эффект химического процесса. Основное стандартное состояние. Стандартные энтальпии образования и сгорания веществ. Применение закона Гесса для вычисления тепловых эффектов химических и физико-химических процессов. Связь тепловых эффектов при постоянном объеме и при постоянном давлении. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Вывод и анализ уравнения Кирхгофа в дифференциальной форме. Интегрирование уравнения Кирхгофа.

##### 1.2. Второй закон термодинамики.

Самопроизвольные и несамопроизвольные, обратимые и необратимые, равновесные (квазистатические) и неравновесные процессы. Работа равновесного и неравновесного процессов. Формулировки второго начала термодинамики. Энтропия как критерий направленности самопроизвольных процессов и равновесия в изолированных системах. Зависимость энтропии вещества от параметров состояния (температуры, давления, объема). Расчет изменения энтропии в различных процессах, связанных с изменением состояния идеального газа, а также чистых твёрдых или жидких веществ. Изменение энтропии в процессе смешения идеальных газов. Изменение энтропии при фазовых переходах. Тепловая теорема Нернста, постулат Планка (третье начало термодинамики). Статистическая интерпретация второго начала термодинамики, уравнение Больцмана-Планка. Вычисление абсолютной энтропии вещества. Расчет изменения энтропии в химических реакциях при различных температурах. Объединенное уравнение I и II законов термодинамики. Энергия Гельмгольца и энергия Гиббса как критерии направленности процессов и равновесия в закрытых системах. Характеристические функции. Зависимость энергии Гельмгольца и энергии Гиббса от параметров состояния. Температурная зависимость энергии Гиббса вещества с учётом фазовых переходов. Род фазового перехода (первый, второй). Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Расчет изменений стандартных энергий Гиббса и Гельмгольца в химических реакциях при различных температурах.

Системы переменного состава. Химический потенциал компонента системы. Зависимость химического потенциала от давления и температуры. Условия равновесия и самопроизвольного протекания процесса в системах переменного состава.

### 1.3. Химическое равновесие.

Материальный баланс химической реакции, степень превращения, химическая переменная. Уравнение изотермы химической реакции (изотермы Вант-Гоффа). Химическое сродство. Анализ уравнения изотермы для определения направления самопроизвольного протекания химической реакции от данного исходного (неравновесного) состояния. Термодинамическая константа химического равновесия и эмпирические константы химического равновесия ( $K_x$ ,  $K_c$ ,  $K_n$ ,  $K_p$ ), уравнения их связи для реакции в идеальной газовой смеси. Константы равновесия для гомогенных и гетерогенных реакций, идеальных и неидеальных реакционных систем (на примерах). Смещение химического равновесия при изменении общего давления ( $T = \text{const}$ ) и при добавлении в систему инертного газа ( $T = \text{const}$ ,  $P = \text{const}$ ).

Влияние температуры на константу химического равновесия, уравнения изобары и изохоры химической реакции. Вывод, анализ и интегрирование названных уравнений на примере уравнения изобары. Расчет среднего и истинного теплового эффекта химических реакций из зависимости термодинамической константы равновесия от температуры. Расчет констант равновесия химических реакций из стандартных термодинамических функций веществ. Вычисление констант равновесия химических реакций по справочным данным о константах равновесия реакций образования соединений из простых веществ.

## Раздел 2. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах

### 2.1. Фазовые переходы и фазовая диаграмма состояния для однокомпонентных систем

Фаза, компонент, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса. Применение правила фаз Гиббса для анализа фазовых равновесий в однокомпонентных системах. Диаграмма состояния однокомпонентной системы, её фазовые поля, линии и тройные точки, выражающие соответственно однофазное, двухфазное и трехфазное равновесия. Насыщенный пар, температурная зависимость давления насыщенного пара. Критическая точка, критическое состояние вещества, его особенности. Вывод и анализ уравнения Клапейрона. Зависимость температуры плавления от внешнего давления, интегрирование уравнения Клапейрона для равновесия твердое тело - жидкость. Равновесия с газовой фазой, уравнение Клапейрона-Клаузиуса, вывод и интегрирование уравнения для описания линий испарения и сублимации, используемые допущения. Определение координат тройной точки.

### 2.2. Определение термодинамических функций процесса фазового перехода

Применение уравнения Клапейрона-Клаузиуса для расчета изменения термодинамических функций при фазовых превращениях. Взаимосвязь энтальпий плавления, испарения и возгонки в тройной точке. Эмпирическое правило Трутона.

## Раздел 3. Термодинамическая теория растворов

### 3.1. Основы термодинамики растворов. Парциальные молярные величины

Классификации растворов. Парциальные молярные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема (вывод и анализ). Методы определения парциальных молярных величин (метод касательных и метод отрезков). Относительные парциальные молярные величины (парциальные молярные функции смешения). Термодинамические функции смешения.

### 3.2. Термодинамическое описание идеальных и неидеальных растворов

Идеальные (совершенные) растворы. Химический потенциал компонента идеального раствора. Термодинамические функции смешения для идеальных растворов. Равновесие "идеальный раствор-пар", закон Рауля, графическая интерпретация закона Рауля. Предельно разбавленные растворы, закон Генри. Уравнение химического потенциала для растворителя и растворенного вещества. Неидеальные (реальные) растворы, положительные и отрицательные отклонения от идеальности (от закона Рауля). Стандартные состояния компонентов раствора. Симметричная и несимметричная системы сравнения. Расчет активностей и рациональных коэффициентов активности компонентов раствора. Термодинамические функции смешения для неидеальных растворов. Зависимость активности и коэффициента активности компонента от температуры и давления.

### 3.3. Коллигативные свойства разбавленных растворов нелетучих веществ в летучем растворителе

Коллигативные свойства разбавленных растворов нелетучих веществ в летучих растворителях (понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором по сравнению с чистым растворителем, повышение температуры начала кипения и понижение температуры начала отвердевания растворов, осмотическое давление). Эбуллиоскопическая и криоскопическая константы растворителя. Вывод уравнения, связывающего понижение температуры начала отвердевания с концентрацией раствора. Осмос, осмотическое давление, обратный осмос. Использование коллигативных свойств для определения молярной массы, степени диссоциации или степени ассоциации растворенного вещества.

## Раздел 4. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах

### 4.1. Равновесие «жидкий раствор - насыщенный пар» в двухкомпонентных системах.

Диаграммы «давление-состав», «температура-состав», «состав пара-состав жидкости» для идеальных и неидеальных растворов. Применение правила фаз к исследованию диаграмм. Законы Гиббса-Коновалова. Азеотропия, термодинамическое условие точки азеотропа. Правило рычага. Физико-химические основы разделения жидких смесей методами перегонки и ректификации.

### 4.2. Равновесие «жидкость-твердое» в двухкомпонентных системах.

Термический анализ, кривые охлаждения, построение диаграммы плавкости по кривым охлаждения. Системы с ограниченной и неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Изоморфизм. Типы твердых растворов. Диаграммы плавкости изоморфно кристаллизующихся веществ. Диаграммы плавкости систем с

ограниченной растворимостью в твёрдом состоянии. Эвтектическое и перитектическое равновесия. Определение состава эвтектической жидкости построением треугольника Таммана. Применение правила фаз Гиббса к исследованию фазовых равновесий.

## **5 семестр**

### **Раздел 5. Растворы электролитов**

#### **5.1 Растворы электролитов в статических условиях**

Термодинамическое описание свойств растворов электролитов. Активности и коэффициенты активности электролита и ионов в растворе, средние ионные коэффициенты активности. Связь активности электролита со средней ионной активностью и концентрацией электролита. Ионная сила раствора. Правило ионной силы. Основные положения электростатической теории сильных электролитов Дебая-Хюккеля. Предельный закон Дебая-Хюккеля, второе и третье приближения теории, графическое представление этих зависимостей.

#### **5.2 Растворы электролитов в динамических условиях**

Проводники электрического тока I и II рода, ионная и электронная проводимость. Удельная, молярная и эквивалентная электрические проводимости, взаимосвязь между ними. Зависимость удельной и молярной электрической проводимостей от концентрации, температуры и природы растворителя. Скорость и подвижность (абсолютная скорость движения) ионов. Закон независимого движения ионов (закон Кольрауша). Предельные молярные электропроводности ионов. Эстафетный механизм переноса электричества ионами гидроксония и гидроксила. Числа переноса ионов. Электропроводность растворов сильных электролитов, уравнение корня квадратного (уравнение Кольрауша). Применение теории сильных электролитов для объяснения электрофоретического и релаксационного эффектов снижения электропроводности. Влияние полей высокой напряженности и высокой частоты переменного тока на электропроводность растворов. Методики измерения электропроводности. Кондуктометрическое определение степени и константы диссоциации слабых электролитов, теплоты, энтропии и энергии Гиббса процесса диссоциации, растворимости малорастворимых соединений.

### **Раздел 6. Электрохимические системы (цепи)**

#### **6.1 ЭДС и электродные потенциалы**

Электрохимические системы (цепи). Возникновение скачка потенциала на границе раздела проводников I и II рода. Двойной электрический слой. Электрохимический потенциал, гальвани-потенциал. Обратимые электроды и обратимые электрохимические цепи (элементы). Электродвижущая сила гальванического элемента, условный электродный потенциал (потенциал в водородной шкале). Связь ЭДС гальванической цепи с электродными потенциалами. Правило знаков ЭДС и электродных потенциалов. Термодинамическая теория гальванических явлений. Вывод и анализ уравнения Нернста, выражающего зависимость ЭДС гальванического элемента от активностей компонентов

электродной реакции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для электрохимических систем. Зависимость ЭДС гальванического элемента от температуры. Классификация электродов: электроды первого и второго рода, газовые, окислительно-восстановительные. Уравнение Нернста для потенциала электродов всех видов.

## 6.2. Гальванические элементы

Типы гальванических элементов: химические, концентрационные, с переносом, без переноса. Диффузионный потенциал, механизм возникновения и методы его устранения (сведения к минимальной величине). Методика измерения ЭДС и электродных потенциалов. Применение потенциометрии для определения термодинамических характеристик химических реакций, протекающих в гальванической цепи, констант химического равновесия, активностей и коэффициентов активности электролитов, pH растворов, произведения растворимости малорастворимых соединений. Химические источники тока.

## Раздел 7. Химическая кинетика

### 7.1. Формальная кинетика

Термодинамическая возможность процесса и его практическая (кинетическая) осуществимость. Предмет и задачи химической кинетики. Основные понятия формальной кинетики: скорость химической реакции, молекулярность, частный и общий порядок. Основной постулат химической кинетики, кинетическое уравнение скорости реакции. Константа скорости химической реакции, размерность константы скорости. Методы определения скоростей химических реакций. Простые (элементарные) и сложные реакции. Кинетика простых и формально простых односторонних гомогенных реакций. Реакции первого, второго и третьего порядков. Дифференциальная и интегральная формы кинетических уравнений, кинетические кривые. Линейное представление кинетических кривых для реакций различных порядков. Время полупревращения. Реакции нулевого порядка. Метод избытка (изоляции) Оствальда определения частных порядков по соответствующему реагенту. Дифференциальные и интегральные методы определения порядка реакции. Различие концентрационного и временного порядков. Сложные реакции. Принцип независимого протекания элементарных реакций. Обратимые и параллельные реакции первого порядка. Дифференциальные уравнения, описывающие скорости этих реакций, их интегрирование. Кинетические кривые для каждого из реагирующих веществ. Последовательные реакции 1-го порядка. Система дифференциальных уравнений, описывающих кинетику последовательных реакций. Кинетические уравнения и кинетические кривые для всех участников реакции. Время достижения максимальной концентрации промежуточного вещества. Зависимость максимальной концентрации промежуточного вещества от соотношения констант скоростей отдельных стадий последовательной реакции. Принцип лимитирующей стадии последовательной химической реакции. Стационарный режим протекания последовательных реакций. Метод квазистационарных концентраций, область применения. Влияние температуры на скорость химической реакции, приближенное правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса в

дифференциальной и интегральной форме. Эффективная энергия активации и предэкспоненциальный множитель, методы их определения из экспериментальных данных.

## 7.2. Теории химической кинетики

Теория активных (бинарных) соударений (ТАС). Скорость реакции как число столкновений активных молекул в единицу времени. Константа скорости бимолекулярной реакции. Физический смысл предэкспоненциального множителя и энергии активации в рамках теории активных соударений. Стерический фактор, необходимость его введения в кинетическое уравнение реакции. Достоинства и недостатки теории активных соударений. Механизм мономолекулярных газовых реакций в рамках ТАС, схема Линдемана. Истолкование причин изменения порядка мономолекулярной реакции при изменении давления.

Теория переходного состояния (активированного комплекса) (ТПС или ТАК). Основные положения ТПС, кинетическая схема реакции. Поверхность потенциальной энергии, координата реакции, путь реакции. Активированный комплекс и его свойства, истинная энергия активации. Скорость реакции – скорость распада активированного комплекса (скорость его прохождения через потенциальный барьер). Квазитермодинамическая форма уравнения ТПС, энтальпия и энтропия активации, трансмиссионный коэффициент. Связь энтальпии активации с эффективной (экспериментальной) энергией активации.

## 7.3. Фотохимические и цепные реакции

Фотохимические реакции, первичные и вторичные фотохимические процессы. Фотодиссоциация и фотолиз. Фотофизические (деактивационные) процессы при поглощении излучения. Законы фотохимии: Гротгуса-Дрепера и Эйнштейна-Штарка. Квантовый выход. Кинетика процессов, происходящих с участием фотовозбужденных молекул. Сенситизаторы, Сенситизированные фотохимические реакции. Основные различия реакций с фотохимическим и термическим инициированием. Фотохимические процессы в атмосфере, фотосинтез.

Цепные реакции. Примеры реакций, протекающих по цепному механизму. Особенности и основные стадии цепных реакций. Механизмы зарождения, развития и обрыва цепей. Линейный и квадратичный обрыв цепей. Звено цепи, длина цепи. Неразветвленные и разветвленные цепные реакции. Кинетика неразветвлённых цепных реакций. Стадии разветвленной цепной реакции. Вероятность обрыва и разветвления цепи. Развитие разветвленных цепных реакций во времени, стационарный и нестационарный режимы течения реакции. Предельные явления в разветвлённых реакциях. Нижний и верхний пределы воспламенения (взрыва) цепной реакции. Полуостров воспламенения.

## Раздел 8. Катализ

Гомогенный и гетерогенный катализ. Автокатализ. Основные закономерности каталитических реакций. Влияние катализатора на термодинамические и кинетические характеристики химических реакций. Селективность действия катализатора. Каталитическая активность, удельная каталитическая активность. Гомогенный катализ.

Слитный и раздельный механизмы каталитических реакций, энергетические диаграммы взаимодействия реагентов с катализатором. Общий и специфический кислотно-основный катализ. Эффективная константа скорости реакции, катализируемой веществами с кислотно-основными свойствами. Каталитические константы скорости реакции. Гетерогенный катализ. Скорость гетерогенно-каталитической реакции. Типы гетерогенных катализаторов. Закон действующих поверхностей. Роль адсорбции в гетерогенном процессе. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций, не лимитируемых диффузией. Отравление катализаторов.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| № | В результате освоения дисциплины студент должен:                                                                                                                                                                             | Раздел 1 | Раздел 2 | Раздел 3 | Раздел 4 | Раздел 5 | Раздел 6 | Раздел 7 | Раздел 8 |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                                                                |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 1 | – основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических характеристик процесса                                                                                                                               | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        |
| 2 | – пути определения важнейших характеристик химического равновесия (константы равновесия, равновесного выхода продукта, степени превращения исходных веществ) и влияния различных факторов на смещение химического равновесия | +        |          |          |          |          |          | +        | +        |
| 3 | – термодинамическое описание свойств идеальных и неидеальных растворов, подходы к нахождению парциальных молярных величин компонентов раствора                                                                               |          |          | +        | +        | +        |          |          |          |
| 4 | – теорию гальванических явлений                                                                                                                                                                                              |          |          |          |          |          | +        |          |          |
| 5 | – теории кинетики, пути теоретического расчета скоростей химических реакций и ограничения в применимости расчетных методов                                                                                                   |          |          |          |          |          |          | +        |          |
| 6 | – основные черты гомогенного и гетерогенного катализа, причины ускорения химического процесса в присутствии катализатора                                                                                                     |          |          |          |          |          |          |          | +        |
|   | <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                                                                                |          |          |          |          |          |          |          |          |

|    |                                                                                                                                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7  | – применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач                                         | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 8  | – предсказывать и находить оптимальные условия проведения химического процесса с целью получения максимально возможного выхода интересующего продукта                | + |   |   |   |   |   | + | + |
| 9  | – проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведённых опытов                      | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 10 | – применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии для решения вопросов, возникающих при изучении кинетики химических реакций |   |   |   |   |   |   | + | + |
|    | <b>Владеть:</b>                                                                                                                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 11 | – комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач                                                       | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 12 | – навыками определения состояния равновесия и самопроизвольного направления химического процесса                                                                     | + | + |   |   |   | + |   |   |
| 13 | – знаниями основных законов физической химии для содержательной интерпретации термодинамических расчётов                                                             | + | + | + | + |   |   |   |   |

|                                                                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                              |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 14                                                                                                                                | – методами определения порядка и скорости реакции, установления лимитирующей стадии и механизма изучаемой химической реакции                     |                                              |          |          |          |          |          | +        | +        |          |
| 15                                                                                                                                | – навыками составления гальванических элементов для целей определения термодинамических характеристик и констант равновесия исследуемой реакции  |                                              |          |          |          |          | +        |          |          |          |
| 16                                                                                                                                | – знаниями основных законов химической кинетики, влияния различных факторов (температуры, давления, катализатора) на скорость химической реакции | +                                            |          |          |          |          |          | +        | +        |          |
| В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения: |                                                                                                                                                  |                                              |          |          |          |          |          |          |          |          |
|                                                                                                                                   | Код и наименование ОПК                                                                                                                           | Код и наименование индикатора достижения ОПК | Раздел 1 | Раздел 2 | Раздел 3 | Раздел 4 | Раздел 5 | Раздел 6 | Раздел 7 | Раздел 8 |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | ОПК-1<br>Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов элементов, соединений, веществ и материалов | ОПК-1.3<br>Знает основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов), способы их применения для решения теоретических и прикладных задач, роль физической химии как теоретического фундамента современной химии и процессов химической технологии. | + | + | + | + | + | + | + | + |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | ОПК-1<br>Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов элементов, соединений, веществ и материалов | ОПК-1.7<br>Умеет прогнозировать влияние различных факторов на химическое равновесие, на фазовое равновесие, на равновесие в растворах электролитов, на потенциал электродов и ЭДС гальванических элементов, на направление и скорость химических реакций; составлять кинетические уравнения для кинетически простых реакций, классифицировать электроды и электрохимические цепи, пользоваться справочной литературой по физической химии. | + | + | + | + | + | + | + | + |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | ОПК-1<br>Способен изучать,<br>анализировать,<br>использовать механизмы<br>химических реакций,<br>происходящих в<br>технологических<br>процессах и окружающем<br>мире, основываясь на<br>знаниях о строении<br>вещества, природе<br>химической связи и<br>свойствах различных<br>классов элементов,<br>соединений, веществ и<br>материалов | ОПК-1.11<br>Владеет навыками<br>проведения типовых<br>физико-химических<br>исследований и навыками<br>решения типовых задач в<br>области химической<br>термодинамики, фазовых<br>равновесий и фазовых<br>переходов, электрохимии,<br>химической кинетики | + | + | + | + | + | + | + | + |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме **64** акад. ч. (по 32 акад. ч. в семестре).

| № п/п | № раздела дисциплины | Темы практических занятий                                                                                                                                                                                                                                                  | Часы |
|-------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.    | 1                    | Расчёт теплоты, работы и изменения внутренней энергии в процессах с участием идеального газа.                                                                                                                                                                              | 2    |
| 2.    | 1                    | Расчет тепловых эффектов химических реакций при $V=\text{const}$ и $P=\text{const}$ и теплоты фазовых превращений при 298 К.                                                                                                                                               | 2    |
| 3.    | 1                    | Расчет тепловых эффектов реакций, теплоты образования и теплоты фазовых переходов при заданной температуре с использованием справочных данных.                                                                                                                             | 2    |
| 4.    | 1                    | Расчет абсолютной энтропии вещества при заданной температуре. Расчет изменения энтропии в химических реакциях при заданной температуре.                                                                                                                                    | 2    |
| 5.    | 1                    | Расчет $\Delta G^0$ и $\Delta A^0$ для химических процессов.                                                                                                                                                                                                               | 2    |
| 6.    | 1                    | Итоговое занятие по темам: «Первый и второй законы термодинамики».                                                                                                                                                                                                         | 2    |
| 7.    | 1                    | Расчет эмпирической константы химического равновесия из экспериментальных данных о равновесных давлениях и концентрациях реагентов.                                                                                                                                        | 2    |
| 8.    | 1                    | Определение направления самопроизвольного протекания химической реакции при $P=\text{const}$ , $T=\text{const}$ на основании уравнения изотермы Вант-Гоффа. Вычисление константы равновесия химической реакции.                                                            | 2    |
| 9.    | 1                    | Определение термодинамических характеристик химической реакции (энтальпии, энтропии, энергии Гиббса) из экспериментальной зависимости константы равновесия от температуры.                                                                                                 | 2    |
| 10.   | 2                    | Расчет давления насыщенного пара и теплоты испарения (возгонки) при заданной температуре на основании справочных данных о температурах кипения (возгонки) веществ при давлении ниже атмосферного. Нахождение координат тройной точки по температурной зависимости давления | 2    |

|     |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |
|-----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|     |   | насыщенного пара вещества.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |
| 11. | 2 | Расчет температуры плавления вещества при заданном внешнем давлении (в приближении линейной зависимости температуры плавления от давления). Вычисление термодинамических функций фазовых превращений ( $\Delta H$ , $\Delta U$ , $\Delta S$ , $\Delta A$ , $\Delta G$ ) на основании экспериментальных зависимостей давления насыщенного пара от температуры.                                                                                         | 2 |
| 12. | 3 | Определение парциальных молярных величин компонентов раствора из экспериментальных зависимостей экстенсивного свойства раствора от концентрации.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2 |
| 13. | 3 | Расчет изменения объема, энтальпии, энтропии, энергии Гиббса при образовании бинарного идеального раствора. Закон Рауля. Расчет термодинамических функций смешения для реальных растворов при заданной температуре. Расчет активностей, коэффициентов активности и относительного химического потенциала компонентов раствора по экспериментальной зависимости давления насыщенного пара от концентрации для стандартного состояния "чистое вещество" | 2 |
| 14. | 3 | Вычисление относительного понижения давления пара растворителя, повышения температуры начала кипения, понижения температуры начала отвердевания, осмотического давления для разбавленного раствора нелетучего вещества в летучем растворителе при данной концентрации раствора.                                                                                                                                                                       | 2 |
| 15. | 4 | Правило фаз Гиббса, расчет числа степеней свободы в заданной фазовой области. Правило рычага, его применение для определения количества равновесных фаз. Вычисление количества компонента, которое необходимо добавить к системе заданного состава, для перевода ее в новое состояние с другим содержанием компонентов.                                                                                                                               | 2 |
| 16. | 4 | Применение правила фаз Гиббса к анализу диаграмм плавкости изоморфно и неизоморфно кристаллизующихся веществ с одной эвтектикой, с образованием устойчивого соединения (неустойчивого соединения, с ограниченной                                                                                                                                                                                                                                      | 2 |

|     |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |
|-----|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|     |   | растворимости компонентов в твердом состоянии), анализ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |
| 17. | 5 | Сильные и слабые электролиты. Определение степени диссоциации на основании величины константы диссоциации. Изменение степени и константы диссоциации при добавлении в раствор сильного электролита с общим ионом. Расчет термодинамических параметров процесса диссоциации на основе температурной зависимости константы диссоциации. Расчет pH для растворов сильных и слабых электролитов.                                                                                                 | 2 |
| 18. | 5 | Связь активности электролита со средними ионными активностями и средними ионными коэффициентами активности. Ионная сила раствора. Правило ионной силы. Предельный закон Дебая-Хюккеля. Расчет активностей, средних ионных активностей и средних ионных коэффициентов активности. Определение pH растворов сильных электролитов.                                                                                                                                                              | 2 |
| 19. | 5 | Произведение растворимости. Расчет растворимости малорастворимых солей. Влияние посторонних электролитов на растворимость малорастворимых соединений.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2 |
| 20. | 5 | Расчет электропроводности растворов электролитов при бесконечном разведении на основании значений предельных молярных электрических проводимостей ионов и из экспериментальных данных по электропроводности растворов различной концентрации. Подвижности (абсолютные скорости движения) и числа переноса ионов. Определение степени и константы диссоциации слабых электролитов, теплоты диссоциации, растворимости труднорастворимых соединений на основании измерений электропроводности. | 2 |
| 21. | 6 | Условная запись электрода, гальванического элемента. Правильно разомкнутый гальванический элемент. Определение знаков электродов гальванического элемента и направления протекания электродного процесса. Запись уравнения реакции, протекающей в гальваническом элементе, определение ее направления.                                                                                                                                                                                       | 2 |
| 22. | 6 | Уравнение Нернста для различных электродов и гальванического элемента. Расчет ЭДС                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 |

|     |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |
|-----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|     |   | химических и концентрационных гальванических элементов.                                                                                                                                                                                                                                                    |   |
| 23. | 6 | Определение констант равновесия, термодинамических характеристик реакций, протекающих в гальваническом элементе. Расчет раствора, активностей и коэффициентов активности, произведения растворимости.                                                                                                      | 2 |
| 24. | 7 | Расчет константы скорости реакции на основании экспериментальных данных об изменении свойства системы во времени                                                                                                                                                                                           | 2 |
| 25. | 7 | Определение порядка реакции, константы скорости и времени полупревращения на основе данных кинетических измерений. Расчет глубины протекания реакции к указанному моменту времени.                                                                                                                         | 2 |
| 26. | 7 | Расчет констант скоростей и текущих концентраций для обратимых, параллельных и последовательных реакций первого порядка.                                                                                                                                                                                   | 2 |
| 27. | 7 | Метод стационарных концентраций, его практическое использование при составлении кинетических уравнений.                                                                                                                                                                                                    | 2 |
| 28. | 7 | Влияние температуры на скорость химических реакций. Правило Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса. Вычисление температурного коэффициента Вант-Гоффа. Расчет констант скорости и времени полупревращения при различных температурах.                                                                            | 2 |
| 29. | 7 | Теория активных (бинарных) соударений. Подсчет общего числа столкновений реагирующих молекул в единицу времени в единице объема. Нахождение доли активных молекул. Расчет константы скорости, предэкспоненциального множителя (фактора соударений) и стерического множителя на основании уравнений теории. | 2 |
| 30. | 7 | Вычисление квантового выхода и количества прореагировавшего вещества для фотохимической реакции.                                                                                                                                                                                                           | 2 |
| 31. | 7 | Составление кинетических уравнений для неразветвленных цепных реакций. Связь эффективной константы скорости цепной реакции с константами скоростей отдельных стадий. Расчет длины цепи реакции.                                                                                                            | 2 |
| 32. | 8 | Общие закономерности каталитических реакций. Снижение энергии активации – главная причина                                                                                                                                                                                                                  | 2 |

|  |  |                                                                                                                                                |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | увеличения скорости каталитической реакции. Слитный и раздельный механизмы каталитического взаимодействия, составление кинетических уравнений. |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## 6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Физическая химия*».

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума в каждом семестре составляет **9** баллов (максимально по **1,5** балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

| № п/п | № раздела дисциплины (модули) | Наименование лабораторных работ                                                                             |
|-------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 1                             | Определение средней теплоемкости твердых и жидких веществ методом смешения                                  |
| 2     | 1                             | Определение химического равновесия в гетерогенных системах (исследование карбонатов)                        |
| 3     | 2                             | Определение давления насыщенного пара индивидуальных жидкостей динамическим методом (методом точек кипения) |
| 4     | 3                             | Определение молярной массы растворенного вещества криоскопическим методом                                   |
| 5     | 4                             | Изучение равновесий "жидкость-пар" в двойных жидких системах                                                |
| 6     | 4                             | Изучение кристаллизации из раствора при низких температурах                                                 |
| 7     | 5                             | Изучение зависимости электрической проводимости растворов слабых электролитов от концентрации               |
| 8     | 5                             | Изучение зависимости электрической проводимости растворов сильных электролитов от концентрации              |
| 9     | 6                             | Измерение Э.Д.С. химического элемента Якоби-Даниэля. Определение электродных потенциалов                    |
| 10    | 6                             | Определение термодинамических функций реакций, протекающих в окислительно-восстановительных элементах       |
| 11    | 7, 8                          | Изучение скорости разложения пероксида водорода газометрическим методом                                     |
| 12    | 7, 8                          | Изучение скорости реакции йодирования ацетона                                                               |

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу дисциплины;
- подготовку к сдаче *экзамена* и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе дисциплины. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в каждом семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 51 балл), лабораторного практикума (максимальная оценка 9 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

### 8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы в 4 семестре и 4 контрольные работы в 5 семестре. Максимальная оценка за контрольные работы в 4 и 5 семестрах составляет по 51 балл.

Первая контрольная работа в 4 семестре проводится по следующим разделам курса: первое и второе начало термодинамики.

Вторая контрольная работа в 4 семестре проводится по следующим разделам курса: химическое равновесие и фазовое равновесие в однокомпонентных системах.

Третья контрольная работа в 4 семестре проводится по следующим разделам курса: растворы неэлектролитов, коллигативные свойства растворов.

Четвертая контрольная работа (первая в 5 семестре) проводится по следующим разделам курса: растворы электролитов.

Пятая контрольная работа (вторая в 5 семестре) проводится по следующим разделам курса: электрохимические системы (цепи).

Шестая контрольная работа (третья в 5 семестре) проводится по следующим разделам курса: формальная кинетика.

Седьмая контрольная работа (четвертая в 5 семестре) проводится по следующим разделам курса: теории химической кинетики, фотохимические и цепные реакции.

### Пример задания по контрольной работе №1

|           |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|
| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Σ |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|

|                 |     |   |   |     |   |   |    |
|-----------------|-----|---|---|-----|---|---|----|
| Оценка,<br>балл | 2,5 | 3 | 3 | 2,5 | 3 | 3 | 17 |
|-----------------|-----|---|---|-----|---|---|----|

1. Приведите выражения, соответствующие двум следствиям из закона Гесса на произвольном примере.

2. При температуре 300 К идеальный газ изотермически и обратимо расширяется от 0,01 до 10 м<sup>3</sup>. Количество поглощенной при этом теплоты равно 17,26 кДж. Сколько молей газа участвует в этом процессе?

3. Температурная зависимость теплоты образования UPb<sub>3</sub> по реакции:  
 $U_{(тв)} + 3Pb_{(ж)} = UPb_{3(тв)}$  выражается уравнением:

$$\Delta_r H^\circ = -24.556 + 19.875 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 - 20.356 \cdot 10^{-9} \cdot T^3$$

Рассчитайте  $\Delta_r C_p^\circ$  для этой реакции при 1000 К, не прибегая к справочным данным.

4. Как зависит от температуры энергия Гиббса системы? Дайте обоснованный ответ.

5. Пользуясь справочными данными, рассчитайте абсолютную энтропию 42 г СО при 500 К и давлении 1, 5 атм. Газ считать идеальным.

6. Рассчитайте изменение энергии Гельмгольца в реакции  $C_4H_{10} = C_4H_6 + 2H_2$ , протекающей в газовой фазе при 300 К, если тепловой эффект этой реакции при постоянном давлении равен 237 кДж, а изменение энтропии 230 Дж/К.

### Пример задания по контрольной работе №2

|                 |   |   |   |   |   |   |    |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|----|
| № задания       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Σ  |
| Оценка,<br>балл | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 17 |

1. Какие факторы влияют на константы равновесия  $K_p$  и  $K_c$ , если реагирующую систему рассматривать как идеальную?

2. Диссоциация четырехоксида азота протекает по уравнению:  $N_2O_4 = 2NO_2$ . При 298 К и  $P = 1,0 \cdot 10^5$  Па  $N_2O_4$  диссоциирует на 18,5%. Рассчитайте степень диссоциации при той же температуре и давлении  $0,5 \cdot 10^5$  Па.

3. Определите направление протекания реакции  $CH_4 + H_2O_{(г)} = CO + 3H_2$  при 1000 К:

а) в стандартных условиях;

б) при следующих исходных парциальных давлениях реагентов:

$P(CH_4) = 0,203$  атм,

$P(H_2O) = 1,013$  атм,

$P(CO) = 10,13$  атм,

$P(H_2) = 2,026$  атм.

Для расчета константы равновесия воспользуйтесь справочными данными.

4. Что называется «составляющими» системы?

5. При давлении  $1,01 \cdot 10^5$  Па в точке плавления ( $-38,87$  °С) жидкая ртуть имеет плотность 13,69 г/см<sup>3</sup>, а твердая – 14,19 г/см<sup>3</sup>. Рассчитайте температуру плавления ртути при давлении  $3 \cdot 10^8$  Па, если удельная теплота плавления равна 9,74 Дж/г.

6. Давление насыщенного пара над  $H_2SO_4$  при 178 °С равно 666 Па, а при 211,5 °С – 2666 Па. Чему равно давление насыщенного пара над серной кислотой при 300 °С?

### Пример задания по контрольной работе №3

| № задания    | 1 | 2 | 3 | 4 | Σ  |
|--------------|---|---|---|---|----|
| Оценка, балл | 4 | 4 | 4 | 4 | 17 |

1. Укажите, какими свойствами и какого компонента – растворителя или растворенного вещества – определяется величина эбуллиоскопической постоянной.

2. Какие из следующих утверждений справедливы для совершенного бинарного раствора при постоянной температуре?

- а) закон Рауля соблюдается для каждого компонента раствора:  $P_i = P_i^\circ x_i$ ;
- б) объем смешения  $\Delta V_{см} = 0$ ;
- в) энтропия смешения  $\Delta S_{см} = 0$ ;
- г) энергия Гиббса смешения  $\Delta G_{см} = 0$ ;
- д) теплота смешения  $\Delta H_{см} = 0$ .

3. Температура плавления фенола равна 40°C. Раствор, содержащий 0,172 г ацетанилида ( $C_8H_9ON$ ) в 12,54 г фенола, отвердевает при 39,25°C. Вычислить криоскопическую постоянную фенола и его удельную теплоту плавления. Изотонический коэффициент Вант-Гоффа принять равным единице.

4. При образовании 1 моля раствора Si – Mn, мольная доля кремния в котором равна 0,3, выделилось 28700 Дж теплоты. Парциальная молярная теплота растворения марганца в растворе этого состава равна –3770 Дж/моль. Рассчитайте парциальную молярную теплоту растворения кремния в этом растворе.

### Пример задания по контрольной работе №4

| № задания    | 1 | 2   | 3   | 4   | 5   | Σ  |
|--------------|---|-----|-----|-----|-----|----|
| Оценка, балл | 2 | 2,5 | 2,5 | 3,5 | 3,5 | 14 |

1. Напишите выражение зависимости эквивалентной электропроводности сильных электролитов от концентрации.

2. Нарисуйте схематически график зависимости среднеионного коэффициента активности сильного электролита от ионной силы раствора (в широком диапазоне концентраций).

3. На основании справочных данных о величине произведения растворимости  $BaSO_4$  рассчитайте растворимость этой соли в воде и в растворе 0,003 М  $Na_2SO_4$  при 298 К.

4. Пользуясь справочными данными о средних ионных коэффициентах активности электролитов для водного раствора  $ZnCl_2$  с моляльностью 3,0 при температуре 25°C вычислите среднюю ионную моляльность, среднюю ионную активность и полную активность электролита.

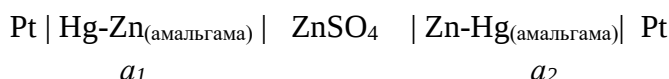
5. Молярная электропроводность при бесконечном разбавлении раствора уксусной кислоты в 1,5 раза больше такой же электропроводности гидроксида аммония. Растворы 0,1М уксусной кислоты и 0,05М гидроксида аммония имеют одинаковую удельную электропроводность. Каково соотношение степеней диссоциации этих электролитов в данных растворах? (Что больше?).

### Пример задания по контрольной работе №5

| № задания    | 1 | 2   | 3   | 4   | 5   | Σ  |
|--------------|---|-----|-----|-----|-----|----|
| Оценка, балл | 2 | 2,5 | 2,5 | 3,5 | 3,5 | 14 |

1. Запишите уравнение Нернста для потенциала электрода I-го рода. От чего зависит величина и знак потенциала такого электрода?

2. К какому типу относится данный гальванический элемент (химический, концентрационный, с переносом, без переноса)? Напишите уравнение реакции, протекающей в данном элементе.



3. По справочным данным о стандартных электродных потенциалах вычислите стандартную ЭДС элемента и произведение растворимости при 298 К для AgBr.

4. Пользуясь справочными данными, рассчитайте ЭДС гальванического элемента при 298 К, состоящего из приведенных электродов. Моляльные концентрации электролитов в электродах  $m_1$  и  $m_2$ . Ионные коэффициенты активности вычислите по уравнению первого приближения теории Дебая-Хюккеля. Составьте схему гальванического элемента, состоящего из указанных электродов.

| Электрод I      | $m_1$ | Электрод II            | $m_2$ |
|-----------------|-------|------------------------|-------|
| KCl   AgCl   Ag | 0,005 | ZnSO <sub>4</sub>   Zn | 0,002 |

5. Составьте условную запись гальванического элемента без жидкостных соединений («без переноса»), в котором при  $T = 298$  К самопроизвольно протекает реакция  $\text{Pb} + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 = \text{PbCl}_2 + 2\text{Hg}$ . Вычислите стандартную ЭДС элемента, термодинамическую константу равновесия  $K_a$ , реакции.

### Пример задания по контрольной работе №6

| № задания    | 1 | 2   | 3   | 4   | 5   | Σ  |
|--------------|---|-----|-----|-----|-----|----|
| Оценка, балл | 2 | 2,5 | 2,5 | 3,5 | 3,5 | 14 |

1. Зависит ли от исходных концентраций реагирующих веществ период полупревращения для реакции второго порядка. Приведите математическое выражение для случая, когда начальные концентрации реагентов равны.

2. Какими данными надо располагать для расчета максимально возможного количества промежуточного вещества в последовательной реакции первого порядка  $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ ? Как зависит высота максимума кривой  $c_B = f(\tau)$  от отношения констант  $k_2/k_1$ ?

3. Для некоторой реакции получены следующие экспериментальные данные:

|                    |      |      |      |      |
|--------------------|------|------|------|------|
| $c_0$ , моль/л     | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,08 |
| $\tau_{1/2}$ , мин | 6,3  | 6,3  | 6,3  | 6,3  |

Можно ли сделать вывод о порядке данной реакции?

4. Реакция термического разложения этана является реакцией первого порядка. При  $550^{\circ}\text{C}$  константа скорости реакции равна  $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ c}^{-1}$ , а при  $630^{\circ}\text{C}$  -  $141,5 \cdot 10^{-5} \text{ c}^{-1}$ . Рассчитайте энергию активации и предэкспоненциальный множитель уравнения Аррениуса.

5. При смешении равных объемов полумолярных растворов  $\text{H}_2\text{O}_2$  и  $\text{HCOH}$ , взаимодействующих по уравнению  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCHO} = \text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O}$  через 20 мин. Прореагировало 80% исходных веществ (реакция 2-го порядка). Сколько времени потребуется для того, чтобы реакция прошла на ту же глубину, если растворы исходных реагентов разбавить вдвое, а затем смешать?

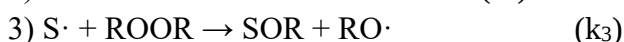
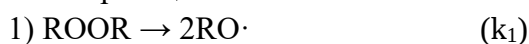
### Пример задания по контрольной работе №7

| № задания    | 1 | 2 | 3 | 4 | $\Sigma$ |
|--------------|---|---|---|---|----------|
| Оценка, балл | 2 | 2 | 2 | 2 | 9        |

1. Какие реакции называются цепными? Дайте определение и назовите основные стадии цепного процесса.

2. Что представляет собой активированный комплекс и чем он отличается от активных молекул?

3. Для разложения пероксида ROOR в растворителе SH предполагается следующая последовательность реакций:



Пользуясь методом стационарных концентраций, выведите кинетическое уравнение для скорости разложения пероксида  $-\frac{d[\text{ROOR}]}{dt}$ .

4. Предэкспоненциальный множитель мономолекулярного разложения диацетила при  $285^{\circ}\text{C}$  равен  $8,0 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$ . Вычислите энтропию активации этой реакции. Трансмиссионный множитель примите равным единице.

## 8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (4 семестр – экзамен, 5 семестр – экзамен)

Максимальное количество баллов за *экзамен (4 семестр)* – 40 баллов, за *экзамен (5 семестр)* – 40 баллов.

### 8.2.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (экзамена)

#### 4 семестр

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1, 2, 3 и 4 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 10 баллов, вопрос 4 – 10 баллов.

1. Первый закон термодинамики, формулировки и математическое выражение. Внутренняя энергия системы. Теплота и работа как формы передачи энергии. Первый закон термодинамики применительно к изотермическому, изобарному и изохорному процессам.
2. Теплоемкость идеального газа. Изохорная и изобарная молярные теплоемкости. Связь между ними для идеального газа. Зависимость изобарной теплоемкости от температуры и агрегатного состояния вещества.
3. Термохимия. Тепловые эффекты химических реакций при постоянном давлении и постоянном объеме. Закон Гесса. Следствия из закона Гесса. Стандартные теплоты сгорания и образования. Связь тепловых эффектов химических реакций при постоянном давлении и постоянном объеме. Их использование для нахождения тепловых эффектов химических реакций. Проиллюстрируйте на произвольном примере.
4. Вывод и анализ уравнения Кирхгофа. Использование интегральных форм уравнения для вычисления тепловых эффектов химических процессов при заданной температуре.
5. Второе начало термодинамики. Энтропия, ее основные свойства. Вывод выражения для полного дифференциала энтропии. Расчет изменения энтропии в процессах с участием идеального газа. Зависимость энтропии от параметров состояния. Изменение энтропии в процессе смешения идеальных газов.
6. Зависимость энтропии вещества от температуры. Изобразите схематически график этой зависимости в температурном интервале, включающем в себя температуры плавления и кипения вещества. Графический и аналитический расчет абсолютной энтропии.
7. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Второе начало термодинамики. Математическое выражение 2-го закона термодинамики в изолированной системе. Изобразите характер изменения энтропии в самопроизвольном процессе, протекающем в изолированной системе.
8. Объединенное уравнение I и II законов термодинамики. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца, свойства.
9. Вывод выражения для полного дифференциала энергии Гиббса. Зависимость энергии Гиббса от давления и температуры.

10. Вывод выражения для полного дифференциала энергии Гельмгольца. Зависимость энергии Гельмгольца от температуры и объема.
11. Равновесный выход химической реакции. Выразите в общем виде константу равновесия  $K_p$  для реакции через равновесное количество молей аммиака, равное  $x$ , и общее давление в системе  $P$ , если для проведения реакции исходные вещества взяты в стехиометрических количествах.
12. Термодинамическая и эмпирическая константы химического равновесия. Методы расчета константы равновесия при  $T \neq 298K$ .
13. Влияние общего давления и примеси инертного газа на равновесный выход продуктов реакции. Рассмотрите на произвольном примере газофазной реакции.
14. Влияние температуры на химическое равновесие. Вывод и анализ уравнения изобары Вант-Гоффа. Приближенное и уточненное интегрирование уравнения. Приведите пример химической реакции, для которой константа равновесия возрастает (убывает) с увеличением температуры.
15. Особенности химического равновесия в гетерогенных системах. Примеры выражения константы химического равновесия для гетерогенных реакций. Влияние давления и добавок инертного газа на сдвиг химического равновесия.
16. Определение среднего и истинного теплового эффекта химической реакции на основании экспериментальных данных о зависимости константы равновесия от температуры. Аналитические и графические методы.
17. Фазовые переходы первого рода. Основные понятия: фаза, составляющее систему вещество, независимый компонент, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса. Фазовая диаграмма однокомпонентной системы, описание кривых и характерных точек диаграммы. Применение правила фаз к диаграмме. Какое максимальное число фаз может находиться в равновесии в однокомпонентной системе?
18. Фазовые равновесия в однокомпонентной системе. Диаграмма состояния с тройной точкой. Описание кривых и характерных точек на диаграмме. Правило фаз Гиббса.
19. Интегральные формы уравнения Клапейрона-Клаузиуса. Приведите уравнения, выражающие зависимость давления насыщенного пара над жидкой фазой от температуры при условиях: а)  $\Delta H \neq f(T)$ , б)  $\Delta c = \Delta a + \Delta bT$ . Какому из приведенных выше условий отвечает линейная зависимость в координатах  $\ln P = f(1/T)$ ? Пар считать идеальным газом.
20. Дайте определение температуры кипения жидкости. Зависимость теплоты испарения от температуры. Графическое представление указанной зависимости. Укажите область температур, для которой можно пренебречь влиянием температуры на теплоту испарения.
21. Диаграммы кипения бинарных систем с полной взаимной растворимостью компонентов. Законы Гиббса-Коновалова. Применение правила фаз к исследованию диаграмм кипения.
22. Равновесие “жидкость-пар” в двухкомпонентных системах. Диаграммы “давление-состав”, “температура-состав”, “состав пара-состав жидкости” для систем с положительными отклонениями от закона Рауля.
23. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы А-В характеризуется минимумом на кривой «температура-состав». Компонент А является менее летучим, чем вещество В.

Описание линий и полей диаграммы. Укажите составы дистиллята и кубового остатка при ректификации жидкой смеси, с большим (меньшим) содержанием компонента А по сравнению с азеотропной смесью.

24. Основы разделения жидких бинарных смесей перегонкой и ректификацией. Возможно ли двухкомпонентную систему, характеризующуюся наличием азеотропа (состав не совпадает с азеотропным), разделить на чистые компоненты? Приведите пояснение.
25. Парциальные молярные свойства (величины) компонентов раствора. Связь парциальных молярных свойств с общим свойством и составом системы. Уравнения Гиббса-Дюгема.
26. Идеальные растворы. Свойства. Функции смешения. Уравнения для расчета энергии Гиббса и энтальпии смешения при образовании идеальных растворов из чистых компонентов. Приведите примеры систем, представляющих практически идеальный раствор в жидкой фазе.
27. Активность, коэффициент активности компонента раствора. Экспериментальное определение коэффициента активности компонента раствора по величине давления его насыщенного пара.
28. Предельно разбавленные растворы. Законы Рауля и Генри, их применимость для описания зависимости давления насыщенного пара от состава раствора. Уравнения для химического потенциала растворителя и растворенного вещества.
29. Осмос, осмотическое давление. Причины, вызывающие переход растворителя через полупроницаемую перегородку. Уравнение, связывающее осмотическое давление с концентрацией раствора. Определения молярной массы растворенного вещества по данным измерения осмотического давления.
30. Коллигативные свойства растворов нелетучих веществ в летучем растворителе. Эбулиоскопический и криоскопический методы определения молярной массы растворенного вещества.

#### 5 семестр

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 5, 6, 7 и 8 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 10 баллов, вопрос 4 – 10 баллов.

1. Растворы сильных электролитов. Основные положения теории Дебая-Хюккеля. Зависимость среднего ионного коэффициента активности от ионной силы раствора в разбавленных и концентрированных растворах сильных электролитов.
2. Зависимость электропроводности растворов сильных электролитов от концентрации. Электрофоретический и релаксационный эффекты снижения электропроводности. В каких опытах подтверждается наличие или отсутствие этих эффектов торможения?
3. Растворы сильных электролитов. Основные положения теории Дебая-Хюккеля. Зависимость среднего ионного коэффициента активности от ионной силы раствора в разбавленных и концентрированных растворах сильных электролитов.
4. Ионная сила раствора. Влияние посторонних электролитов на средний ионный коэффициент активности данного сильного электролита. Правило ионной силы раствора Льюиса-Рендала, область его применимости.

5. Молярная и удельная электрические проводимости растворов электролитов, понятие, единицы измерения.
6. Зависимость молярной и удельной электропроводностей от концентрации, температуры и природы растворителя. Объясните характер указанных зависимостей для слабых и сильных электролитов.
7. Растворы слабых электролитов. Основные положения теории Аррениуса. Вывод и анализ закона разведения Оствальда для электролита валентного типа 1:1.
8. Влияние концентрации и температуры на константу диссоциации и степень диссоциации слабых электролитов. Зависимость электропроводности растворов слабых электролитов от концентрации.
9. Молярная и удельная электрические проводимости растворов электролитов, понятие, единицы измерения. Зависимость молярной и удельной электропроводностей от концентрации и природы растворителя.
10. Приведите аналитические выражения двух законов Кольрауша: уравнения квадратного корня,  $\Lambda = f(\sqrt{c})$ , и закона независимого движения ионов. Для каких электролитов (слабых или сильных) и при каких условиях справедливы эти выражения?
11. Классификация гальванических элементов. Химические гальванические элементы, понятие и примеры.
12. Нормальный элемент Вестона: устройство элемента, электродные полуреакции, уравнение самопроизвольной реакции, уравнение Нернста, области его применения.
13. Концентрационные цепи. Уравнение Нернста для концентрационного элемента, составленного из двух амальгамных электродов.
14. Зависимость ЭДС от активностей участников электрохимической реакции, протекающей в гальваническом элементе. Вывод и анализ уравнения Нернста.
15. Элемент Даниэля-Якоби: устройство элемента, электродные полуреакции, уравнение самопроизвольной реакции, уравнение Нернста.
16. Концентрационные цепи. Уравнение Нернста для концентрационного элемента, составленного из двух амальгамных электродов.
17. Классификация электродов. Газовые электроды определение, примеры. Вывод и анализ уравнений, выражающих зависимость потенциала водородного и хлорного электродов от активности ионов и давления газа. Схема и область применения водородного электрода.
18. Классификация электродов. Электроды второго рода, определение примеры. Запишите электродную реакцию и уравнение Нернста для выбранного электрода.
19. Влияние концентрации потенциалопределяющих ионов, pH и ионной силы раствора на потенциал электрода. Каломельный электрод: схема электрода, электродные полуреакции, приготовление, область применения.
20. Классификация электродов. Окислительно-восстановительные электроды: определение, примеры, электродные полуреакции. Вывод и анализ уравнения Нернста для электродов данного типа.
21. Хингидронный электрод: схема электрода, электродные полуреакции, приготовление, область применения.
22. Вывод и анализ интегральной формы кинетического уравнения необратимой гомогенной реакции 0-го порядка. Изобразите схематически кинетические кривые для исходного вещества и продукта реакции, а также приведите математические

- выражения, описывающие ход этих кривых. Выведите выражение для времени полупревращения исходного вещества.
23. Вывод и анализ интегральной формы кинетического уравнения необратимой гомогенной реакции 1-го порядка. Изобразите схематически кинетические кривые для исходного вещества и продукта реакции, а также приведите математические выражения, описывающие ход этих кривых. Выведите выражение для времени полупревращения исходного вещества.
  24. Необратимые гомогенные реакции 2-го порядка с равными начальными концентрациями реагентов. Вывод интегральной формы кинетического уравнения. Кинетическая кривая, уравнение кинетической кривой. Приведите дифференциальную и интегральную формы (без вывода) кинетического уравнения односторонней гомогенной реакции второго порядка « $A + B \rightarrow \text{продукты}$ », протекающей при постоянных температуре и объеме, если концентрации реагирующих веществ  $A$  и  $B$  в момент начала реакции не равны друг другу.
  25. Вывод и анализ интегральной формы кинетического уравнения необратимой гомогенной реакции 3-го порядка. Изобразите схематически кинетические кривые для исходного вещества и продукта реакции, а также приведите математические выражения, описывающие ход этих кривых. Выведите выражение для времени полупревращения исходного вещества.
  26. Параллельные реакции первого порядка. Запишите систему дифференциальных кинетических уравнений, описывающую параллельные гомогенные реакции первого порядка  $A \rightarrow B$ ,  $A \rightarrow D$  с константами скорости  $k_1$  и  $k_2$  соответственно. Вывод уравнений, позволяющих провести расчет констант скорости обеих параллельных реакций. Как меняется соотношение между концентрациями продуктов реакции по мере ее протекания.
  27. Принцип независимости протекания элементарных реакций. Обратимые реакции первого порядка, система дифференциальных уравнений, описывающих скорости элементарных стадий и процесса в целом. Вывод уравнений, позволяющих провести расчет констант скорости обеих реакций. Возможные виды кинетических кривых для исходного вещества и продукта реакции в зависимости от соотношения констант скорости прямой и обратной реакций.
  28. Влияние температуры на скорость химической реакции. Правило Вант-Гоффа. Температурный коэффициент константы скорости реакции (коэффициент Вант-Гоффа), характер его изменения с повышением температуры.
  29. Уравнение Аррениуса. Методы определения энергии активации и предэкспоненциального множителя. Получите выражение, устанавливающее связь коэффициента Вант-Гоффа с эффективной энергией активации химической реакции.
  30. Изложите основные положения и этапы вывода кинетического уравнения теории активных (бинарных) соударений (ТАС). Приведите основное уравнение теории для случая взаимодействия одинаковых молекул и назовите входящие в него величины.
  31. Константа скорости бимолекулярной реакции, предэкспоненциальный множитель (фактор соударений), энергия активации. Стерический фактор, необходимость его введения в кинетическое уравнение теории.
  32. Изложите основные положения теории переходного состояния, сопровождая их соответствующей кинетической схемой. Определите смысл понятий «активированный

комплекс», «координата реакции», «истинная энергия активации», в терминах теории переходного состояния.

33. Кинетика мономолекулярных реакций в рамках теории активных соударений. Схема Линдемана. Поясните, при каких условиях реакция разложения в газовой фазе при термическом механизме активации протекает по первому порядку, а при каких – по второму.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### 8.3. Структура и примеры билетов для экзамена.

**Экзамен** по дисциплине «*Физическая химия*» проводится в 4 и 5 семестрах и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2, 3 и 4 (в 4 семестре) и по разделам 5, 6, 7 и 8 (в 5 семестре) рабочей программы дисциплины.

Билет для **экзамена** состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **экзамена в 4 семестре**:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <p>«Утверждаю»<br/>Зав. кафедрой<br/>физической химии</p> <p>_____ О.А. Райтман<br/>(Подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20__ г.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Министерство науки и высшего образования РФ                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Российский химико-технологический университет имени<br>Д.И. Менделеева |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Кафедра физической химии                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 18.03.01 Химическая технология                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Физическая химия                                                       |
| <p align="center"><b>Билет № 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Диаграмма состояния. Вывод и анализ уравнения Клапейрона-Клаузиуса.</li> <li>2. Идеальные растворы. Свойства. Функции смешения.</li> <li>3. Представьте графическую зависимость константы равновесия экзотермической химической реакции от температуры в координатах <math>\ln K_a = f(1/T)</math>. Поясните, как на основе указанной зависимости рассчитать средний тепловой эффект химической реакции.</li> <li>4. 77 граммов четыреххлористого углерода испаряются при нормальной температуре кипения, а затем изотермически расширяются до давления в 2 раза ниже начального. Рассчитайте изменение энергии Гельмгольца в данном процессе.</li> </ol> |                                                                        |

Пример билета для экзамена в 5 семестре:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <p>«Утверждаю»<br/>Зав. кафедрой<br/>физической химии</p> <p>_____ О.А. Райтман<br/>(Подпись)</p> <p>«_____» _____ 20__ г.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Российский химико-технологический университет имени<br/>Д.И. Менделеева</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Кафедра физической химии</b>                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>18.03.01 Химическая технология</b>                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Физическая химия</b>                                                        |
| <p align="center"><b>Билет № 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Односторонние реакции нулевого порядка. Вывод уравнения для расчета константы скорости реакции. Определение константы скорости из экспериментальных данных (графический метод). Период полупревращения.</li> <li>Основные положения теории Дебая-Хюккеля. Зависимость коэффициента активности иона от ионной силы раствора. Предельный закон Дебая-Хюккеля.</li> <li>Хлоридсеребряный электрод. Вывод уравнения Нернста для расчёта его потенциала. Область применения хлоридсеребряного электрода.</li> <li>Сосуд, объемом <math>200\text{см}^3</math>, содержащий водород и хлор, подвергли действию видимого света с длиной волны <math>\lambda = 420\text{нм}</math> при <math>t = 25^\circ\text{C}</math>. Интенсивность поглощения света <math>I = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ Дж/с}</math>. При облучении реакционной в течение полутора минут парциальное давление водорода снизилось со 150 до <math>100\text{ммHg}</math>. Определите квантовый выход реакции синтеза хлористого водорода.</li> </ol> |                                                                                |

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А) Основная литература:**

1. Вишняков А.В., Кизим Н.Ф. Физическая химия для бакалавров. Тула: Аквариус, 2014. 660 с.
2. Вишняков А.В., Кизим Н.Ф. Физическая химия. Тула: Гриф и Компания, 2011. 1030 с.
3. Мерецкий А.М., Белик В.В. Растворы электролитов. М:
4. РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2013. 126 с.
5. Мерецкий А.М., Белик В.В. Основы электрохимической термодинамики. М: РХТУ им. Д.И.Менделеева. 2011. 179 с.
6. Краткий справочник физико-химических величин / Ред. А.А. Равдель, Ред. А.М. Пономарева. – 9-е изд. – СПб.: Специальная литература, 1999. – 232 с.
7. Кудряшов, И. В. Сборник примеров и задач по физической химии [Текст] : учебное пособие для хим.-технолог. Спец-тей вузов / И.В. Кудряшов , Г.С. Каретников. – 6-е изд., перераб. И доп. – М.: Высшая школа, 1991. – 527 с.

#### **Б) Дополнительная литература :**

1. Мерецкий А.М. Физическая химия. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов. М: РХТУ им. Д.И.Менделеева. 2015. 30 с.
2. Герасимов Я.И., Древинг В.П. и др. Курс физической химии. М.: Химия. 1969, т.1, 624 с.; 1973, т. 2, 623 с.
3. Фролов Ю.Г., Белик В.В. Физическая химия. М.: Химия, 1993. 464 с.
4. Вишняков А.В. Начальный курс физической химии. Химическая термодинамика. М.:МХТИ им. Д.И.Менделеева 2001. 157 с.
5. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высшая школа, 2009. 479 с.
6. Кизим, Н. Ф. Физическая химия. Неравновесные явления в растворах электролитов и электрохимические системы: учебное пособие / Н. Ф. Кизим. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. – 272 с.
7. Электрохимия, кинетика и катализ. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов: учебное пособие / сост. А. М. Мерецкий. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 29 с.

### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

1. Журнал физической химии. ISSN: 0044-4537.  
<https://www.naukaran.com/zhurnali/katalog/zhurnal-fizicheskoy-himii/>
2. Журнал «Химическая физика»  
<http://j.chph.ru>
3. Журнал «Теоретические основы химической технологии»  
<http://sciencejournals.ru/journal/toht/>

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет

- Издательство ELSEVIER на платформе Science Direct  
<http://www.sciencedirect.com>.
- Издательство American Chemical Society (ACS)  
<http://pubs.acs.org>.
- Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. <https://arxiv.org/>
- Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>.

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для освоения рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения дисциплины:

- видеозаписи интерактивных лекций – 32;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 320);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 850).

Для освоения дисциплины в дистанционном режиме преподаватели могут использовать следующие средства коммуникации со студентами:

- электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС);
- корпоративная электронная почта;
- <https://etutorium.ru/> – LMS eTutorium;
- <https://zoom.us/> – LMS Zoom.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Физическая химия*» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью, учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная меловой доской и учебной мебелью.

Учебные лаборатории физико-химических методов анализа, лаборатория электрохимии, лаборатория спектрохимии, лаборатория термохимии и лаборатория кинетики оснащены необходимой лабораторной мебелью и установками, обеспечивающими выполнение лабораторных работ в соответствии с учебным планом.

Установки (приборы): термостаты, плитки электрические, поляриметры, дифрактометр, эбуллиоскоп, криостаты, кондуктометры, рН-метры, бани водяные с подогревом, фотоколориметры, термометры термометры Бекмана, магнитные мешалки, стабилизатор напряжения, вольтметры, весы электронные, насосы вакуумные, манометр ртутный. рН-метр –милливольтметр рН-420, аквадистиллятор АЭ-25 ООО «Ливам ПФ», весы порционные AND HT-500, ионметр И-510, комплекс аппаратно-программный на базе газового хроматограф с пламенно-ионизационным детектором и детектором по теплопроводности «Хроматэк-Кристалл 5000», мешалка лабораторная верхнеприводная STEGLER MB-6, мешалка магнитная STEGLER YS подогревом, мешалка магнитная Таглер ММ - 135 бе– подогрева TAGLER, одноступенчатый вакуумный насос STEGLER 2VP-2,

спектрофотометр однолучевой СФ-104 с разделением светового потока сканирующий, спектрофотометр однолучевой СФ-102 с разделением светового потока сканирующий, столик подъемный лабораторный металлический (тип 1) НВ-150 STEGLER, сушилка для пробирок (тип 2) 0362В (полипропилен) STEGLER, титратор потенциометрический автоматический АТП-02, шкаф сушильный (тип 1) ШС-20-02 СПУ мод. 2202 ОАО «Смоленское СКТБ СПУ».

## 11.2. Учебно-наглядные пособия

Презентации лекционного материала.

## 11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

Для чтения курса лекций имеются компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства; подключение к локальной сети с выходом в Интернет.

Для самостоятельной работы каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к нескольким электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам), содержащим все издания основной литературы, перечисленные в рабочей программе дисциплины, сформированным на основании прямых договорных отношений с правообладателями.

## 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине, методические рекомендации к практическим занятиям; раздаточный материал к лекционным курсам; электронные учебные издания, научно-популярные электронные издания.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; буклеты и каталоги оборудования, технологические справочники; справочные материалы в печатном и электронном виде.

## 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

| № п/п | Наименование программного продукта                                               | Реквизиты договора поставки           | Количество лицензий | Срок окончания действия лицензии                                                           |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine                                             | Контракт №62-64ЭА/2013                | 5                   | бессрочно                                                                                  |
| 2     | Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499 | Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020 | 5                   | 12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта) |

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

| Наименование разделов                                                             | Основные показатели оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Формы и методы контроля и оценки                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Раздел 1.</b><br/><b>Химическая термодинамика</b></p>                       | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических характеристик процесса;</li> <li>– пути определения важнейших характеристик химического равновесия (константы равновесия, равновесного выхода продукта, степени превращения исходных веществ) и влияния различных факторов на смещение химического равновесия;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач;</li> <li>– предсказывать и находить оптимальные условия проведения химического процесса с целью получения максимально возможного выхода интересующего продукта;</li> <li>– проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведённых опытов.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач;</li> <li>– навыками определения состояния равновесия и самопроизвольного направления химического процесса;</li> <li>– знаниями основных законов физической химии для содержательной интерпретации термодинамических расчётов.</li> </ul> | <p>Оценка за контрольную работу №1 и №2</p> <p>Оценка за <i>экзамен в 4 семестре</i></p> |
| <p><b>Раздел 2.</b><br/><b>Фазовые равновесия в однокомпонентных системах</b></p> | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических характеристик процесса.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять теоретические знания и</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>Оценка за контрольную работу №2</p> <p>Оценка за <i>экзамен</i></p>                   |

|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                       | <p>экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведённых опытов.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач;</li> <li>– навыками определения состояния равновесия и самопроизвольного направления химического процесса;</li> <li>– знаниями основных законов физической химии для содержательной интерпретации термодинамических расчётов.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>в 4 семестре</b>                                                                 |
| <p><b>Раздел 5.</b><br/><b>Термодинамическая теория растворов</b></p> | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических характеристик процесса;</li> <li>– термодинамическое описание свойств идеальных и неидеальных растворов, подходы к нахождению парциальных молярных величин компонентов раствора.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач;</li> <li>– проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведённых опытов.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач;</li> <li>– знаниями основных законов физической химии для содержательной интерпретации термодинамических расчётов.</li> </ul> | <p>Оценка за контрольную работу №3</p> <p>Оценка за <b>экзамен в 4 семестре</b></p> |

|                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Раздел 4.</b><br/><b>Фазовые равновесия в многокомпонентных системах</b></p> | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических характеристик процесса.</li> <li>– термодинамическое описание свойств идеальных и неидеальных растворов, подходы к нахождению парциальных молярных величин компонентов раствора.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач;</li> <li>– проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведённых опытов.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач;</li> <li>– знаниями основных законов физической химии для содержательной интерпретации термодинамических расчётов.</li> </ul> | <p>Оценка за <i>экзамен в 4 семестре</i></p>                                        |
| <p><b>Раздел 5.</b><br/><b>Растворы электролитов</b></p>                           | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических характеристик процесса;</li> <li>– термодинамическое описание свойств идеальных и неидеальных растворов, подходы к нахождению парциальных молярных величин компонентов раствора.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач;</li> <li>– проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведённых опытов.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач.</li> </ul>                                                                                                                    | <p>Оценка за контрольную работу №4</p> <p>Оценка за <i>экзамен в 5 семестре</i></p> |

|                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Раздел 6.</b><br/><b>Электрохимические системы (цепи)</b></p> | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических характеристик процесса;</li> <li>– теорию гальванических явлений.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач;</li> <li>– проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведённых опытов.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач;</li> <li>– навыками определения состояния равновесия и самопроизвольного направления химического процесса;</li> <li>– навыками составления гальванических элементов для целей определения термодинамических характеристик и констант равновесия исследуемой реакции.</li> </ul> | <p>Оценка за контрольную работу №5</p> <p>Оценка за <i>экзамен в 5 семестре</i></p> |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                          |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Раздел 7.</b><br/><b>Химическая кинетика</b></p> | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических характеристик процесса;</li> <li>– пути определения важнейших характеристик химического равновесия (константы равновесия, равновесного выхода продукта, степени превращения исходных веществ) и влияния различных факторов на смещение химического равновесия;</li> <li>– теории кинетики, пути теоретического расчета скоростей химических реакций и ограничения в применимости расчетных методов.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач;</li> <li>– предсказывать и находить оптимальные условия проведения химического процесса с целью получения максимально возможного выхода интересующего продукта;</li> <li>– проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведенных опытов.</li> <li>– применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии для решения вопросов, возникающих при изучении кинетики химических реакций.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач;</li> <li>– методами определения порядка и скорости реакции, установления лимитирующей стадии и механизма изучаемой химической реакции;</li> <li>– знаниями основных законов химической кинетики, влияния различных факторов (температуры, давления, катализатора) на скорость химической реакции.</li> </ul> | <p>Оценка за контрольные работы №6 и №7</p> <p>Оценка за <i>экзамен в 5 семестре</i></p> |
| <p><b>Раздел 8.</b><br/><b>Катализ</b></p>             | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Оценка за <i>экзамен</i></p>                                                          |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <p>характеристик процесса;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пути определения важнейших характеристик химического равновесия (константы равновесия, равновесного выхода продукта, степени превращения исходных веществ) и влияния различных факторов на смещение химического равновесия;</li> <li>– основные черты гомогенного и гетерогенного катализа, причины ускорения химического процесса в присутствии катализатора.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач;</li> <li>– предсказывать и находить оптимальные условия проведения химического процесса с целью получения максимально возможного выхода интересующего продукта;</li> <li>– проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведённых опытов.</li> <li>– применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии для решения вопросов, возникающих при изучении кинетики химических реакций.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач;</li> <li>– методами определения порядка и скорости реакции, установления лимитирующей стадии и механизма изучаемой химической реакции;</li> <li>– знаниями основных законов химической кинетики, влияния различных факторов (температуры, давления, катализатора) на скорость химической реакции.</li> </ul> | в 5 семестре |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины **«Физическая химия»**  
 основной образовательной программы  
**18.03.01 «Химическая технология»**  
 Форма обучения: **очная**

| Номер<br>изменения/<br>дополнения | Содержание дополнения/изменения | Основание внесения<br>изменения/дополнения                               |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1                                 |                                 | протокол заседания<br>Ученого совета №<br>_____ от «__»<br>_____ 20__ г. |
| 2                                 |                                 | протокол заседания<br>Ученого совета №<br>_____ от «__»<br>_____ 20__ г. |
| 3                                 |                                 | протокол заседания<br>Ученого совета №<br>_____ от «__»<br>_____ 20__ г. |
| 4                                 |                                 | протокол заседания<br>Ученого совета №<br>_____ от «__»<br>_____ 20__ г. |
|                                   |                                 | протокол заседания<br>Ученого совета №<br>_____ от «__»<br>_____ 20__ г. |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

25» 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Математика»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Квалификация «бакалавр»

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2021 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

Москва 2021 г.

Программа составлена заведующим кафедрой высшей математики, к.т.н. Е.Г.Рудаковской, доцентом кафедры высшей математики, к.п.н. М.А.Меладзе., доцентом кафедры высшей математики, к.т.н. В.В.Осипчик

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры высшей математики РХТУ им. Д.И. Менделеева «30» апреля 2021 г., протокол № 7

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология**, рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой высшей математики РХТУ им. Д.И.Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение четырех семестров.

Дисциплина «**Математика**» относится к базовой части блока дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области основ элементарной математики, изучаемой в школьном курсе.

**Цель дисциплины** - формирование у студентов системы основных понятий, используемых для построения важнейших математических моделей, и математических методов для описания различных химико-технологических процессов.

**Задачи дисциплины** - создание фундаментальной математической базы, а также развитие навыков математического мышления и использование их для решения практических задач.

Дисциплина «**Математика**» преподается в 1-4 семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретения следующих **общепрофессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

| Код и наименование ОПК                                                                                                                               | Код и наименование индикаторов достижения ОПК                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-2.</b> Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности | <b>ОПК-2.1</b> Знает основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики;<br><b>ОПК-2.5</b> Умеет проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам, применять математические методы при решении типовых профессиональных задач;<br><b>ОПК-2.9</b> Владеет основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации |

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

**знать:**

- основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики;
- математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей;
- основы применения математических моделей и методов.

**уметь:**

- выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи;

- использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов;
- выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов;
- использовать основные методы статистической обработки данных;
- применять математические знания на междисциплинарном уровне.

**владеть:**

- основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата;
- методами статистической обработки информации.

### **3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ**

| Вид учебной работы                             |             |            | Семестр                |            |                |            |                |            |              |            |
|------------------------------------------------|-------------|------------|------------------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|--------------|------------|
|                                                | Всего       |            | 1                      |            | 2              |            | 3              |            | 4            |            |
|                                                | ЗЕ          | Акад.ч.    | ЗЕ                     | Акад.ч.    | ЗЕ             | Акад.ч.    | ЗЕ             | Акад.ч.    | ЗЕ           | Акад.ч.    |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>18</b>   | <b>648</b> | <b>5</b>               | <b>180</b> | <b>5</b>       | <b>180</b> | <b>5</b>       | <b>180</b> | <b>3</b>     | <b>108</b> |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>7,56</b> | <b>272</b> | <b>2,66</b>            | <b>96</b>  | <b>1,78</b>    | <b>64</b>  | <b>1,78</b>    | <b>64</b>  | <b>1,34</b>  | <b>48</b>  |
| Лекции                                         | 3,56        | 128        | 1,33                   | 48         | 0,89           | 32         | 0,89           | 32         | 0,45         | 16         |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 4           | 144        | 1,33                   | 48         | 0,89           | 32         | 0,89           | 32         | 0,89         | 32         |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>8,44</b> | <b>304</b> | <b>2,34</b>            | <b>84</b>  | <b>2,22</b>    | <b>80</b>  | <b>2,22</b>    | <b>80</b>  | <b>1,66</b>  | <b>60</b>  |
| Контактная самостоятельная работа              | 8,44        | 0,6        | 2,34                   | 0,4        | 2,22           | 0          | 2,22           | 0          | 1,66         | 0,2        |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   |             | 303,4      |                        | 83,6       |                | 80         |                | 80         |              | 59,8       |
| <b>Вид контроля – Зачет с оценкой</b>          |             |            | +                      | +          |                |            |                |            |              |            |
| <b>Вид контроля – Зачет</b>                    |             |            |                        |            |                |            |                |            | +            | +          |
| <b>Вид контроля – Экзамен</b>                  | <b>2</b>    | <b>72</b>  |                        |            | <b>1</b>       | <b>36</b>  | <b>1</b>       | <b>36</b>  |              |            |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   | 2           | 0,8        |                        |            | 1              | 0,4        | 1              | 0,4        |              |            |
| Подготовка к экзамену.                         |             | 71,2       |                        |            |                | 35,6       |                | 35,6       |              |            |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                 |             |            | <b>Зачет с оценкой</b> |            | <b>Экзамен</b> |            | <b>Экзамен</b> |            | <b>Зачет</b> |            |

| Вид учебной работы                             |             |               | Семестр                |              |                |              |                |              |              |              |
|------------------------------------------------|-------------|---------------|------------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|                                                | Всего       |               | 1                      |              | 2              |              | 3              |              | 4            |              |
|                                                | ЗЕ          | Астр. ч.      | ЗЕ                     | Астр. ч.     | ЗЕ             | Астр.ч.      | ЗЕ             | Астр.ч.      | ЗЕ           | Астр. ч.     |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>18</b>   | <b>486</b>    | <b>5</b>               | <b>135</b>   | <b>5</b>       | <b>135</b>   | <b>5</b>       | <b>135</b>   | <b>3</b>     | <b>81</b>    |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>7,56</b> | <b>204,12</b> | <b>2,66</b>            | <b>71,82</b> | <b>1,78</b>    | <b>48,06</b> | <b>1,78</b>    | <b>48,06</b> | <b>1,34</b>  | <b>36,18</b> |
| Лекции                                         | 3,56        | 96,12         | 1,33                   | 35,91        | 0,89           | 24,03        | 0,89           | 24,03        | 0,45         | 12,15        |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 4           | 108           | 1,33                   | 35,91        | 0,89           | 24,03        | 0,89           | 24,03        | 0,89         | 24,03        |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>8,44</b> | <b>227,88</b> | <b>2,34</b>            | <b>63,18</b> | <b>2,22</b>    | <b>59,94</b> | <b>2,22</b>    | <b>59,94</b> | <b>1,66</b>  | <b>44,82</b> |
| Контактная самостоятельная работа              | 8,44        | 0,45          | 2,34                   | 0,3          | 2,22           | 0            | 2,22           | 0            | 1,66         | 0,15         |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   |             | 227,43        |                        | 62,88        |                |              |                |              |              |              |
| <b>Вид контроля – Зачет с оценкой</b>          |             |               | +                      | +            |                |              |                |              |              |              |
| <b>Вид контроля – Зачет</b>                    |             |               |                        |              |                |              |                |              | +            | +            |
| <b>Вид контроля – Экзамен</b>                  | <b>2</b>    | <b>54</b>     |                        |              | <b>1</b>       | <b>27</b>    | <b>1</b>       | <b>27</b>    |              |              |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   | 2           | 0,6           |                        |              | 1              | 0,3          | 1              | 0,3          |              |              |
| Подготовка к экзамену.                         |             | 53,4          |                        |              |                | 26,7         |                | 26,7         |              |              |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                 |             |               | <b>Зачет с оценкой</b> |              | <b>Экзамен</b> |              | <b>Экзамен</b> |              | <b>Зачет</b> |              |

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| №<br>п/п  | Разделы дисциплины                                                                                                                                           | Часов |        |                              |                                |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|------------------------------|--------------------------------|
|           |                                                                                                                                                              | Всего | Лекции | Практи-<br>ческие<br>занятия | Самостоя-<br>тельная<br>работа |
| 1 СЕМЕСТР |                                                                                                                                                              |       |        |                              |                                |
|           | Введение                                                                                                                                                     | 1     | 1      |                              |                                |
|           | Раздел 1.<br>Элементы алгебры                                                                                                                                | 39    | 9      | 10                           | 20                             |
| 1.1       | Числовые множества, комплексные числа. Элементы векторной алгебры. Аналитическая геометрия на плоскости.                                                     | 20    | 4      | 6                            | 10                             |
| 1.2       | Матрицы. Теорема Кронекера - Капелли. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Собственные числа и векторы матрицы. Квадратичные формы.             | 19    | 5      | 4                            | 10                             |
|           | Раздел 2.<br>Функция одной переменной. Предел функции. Непрерывность функции.                                                                                | 20    | 6      | 6                            | 8                              |
| 2.1       | Элементарные функции. Предел функции в точке и на бесконечности.                                                                                             | 7     | 2      | 2                            | 3                              |
| 2.2       | Бесконечно малые и бесконечно большие функции. Основные теоремы о пределах.                                                                                  | 6     | 2      | 2                            | 2                              |
| 2.3       | Непрерывность функции в точке и на промежутке.                                                                                                               | 7     | 2      | 2                            | 3                              |
|           | Раздел 3.<br>Дифференциальное исчисление функции одной переменной.                                                                                           | 60    | 16     | 16                           | 28                             |
| 3.1       | Производная функции. Уравнения касательной и нормали.                                                                                                        | 14    | 4      | 2                            | 8                              |
| 3.2       | Дифференциал функции. Производная сложной функции.                                                                                                           | 14    | 4      | 4                            | 6                              |
| 3.3       | Основные теоремы дифференциального исчисления. Производные высших порядков.                                                                                  | 14    | 4      | 4                            | 6                              |
| 3.4       | Монотонность функции. Экстремум функции. Выпуклость, вогнутость и точки перегиба графика функции. Общая схема исследования функций и построение их графиков. | 18    | 4      | 6                            | 8                              |
|           | Раздел 4.<br>Интегральное исчисление функции одной переменной.                                                                                               | 60    | 16     | 16                           | 28                             |
| 4.1       | Первообразная функции. Неопределенный интеграл и его свойства.                                                                                               | 20    | 6      | 4                            | 10                             |
| 4.2       | Методы интегрирования.                                                                                                                                       | 20    | 4      | 8                            | 8                              |
| 4.3       | Определенный интеграл, его геометрический смысл. Приложения                                                                                                  | 20    | 6      | 4                            | 10                             |

|  |                                                   |            |           |           |           |
|--|---------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|  | определенного интеграла. Несобственные интегралы. |            |           |           |           |
|  | <b>ИТОГО</b>                                      | <b>180</b> | <b>48</b> | <b>48</b> | <b>84</b> |
|  | <b>Зачет с оценкой</b>                            |            |           |           |           |
|  | <b>ИТОГО</b>                                      | <b>180</b> | <b>48</b> | <b>48</b> | <b>84</b> |

| <b>2 СЕМЕСТР</b> |                                                                                                                        |            |           |           |           |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                  | <b>Раздел 5.<br/>Дифференциальное исчисление<br/>функции нескольких переменных.<br/>Элементы теории поля</b>           | <b>48</b>  | <b>12</b> | <b>10</b> | <b>26</b> |
| 5.1              | Функции двух и более переменных. Предел функции в точке. Частные производные. Дифференцируемость функции.              | 16         | 4         | 3         | 9         |
| 5.2              | Дифференциал функции двух переменных, его инвариантность. Дифференцирование функции, заданной неявно.                  | 16         | 4         | 3         | 9         |
| 5.3              | Производная по направлению. Градиент и его свойства. Экстремумы функции двух переменных.                               | 16         | 4         | 4         | 8         |
|                  | <b>Раздел 6.<br/>Кратные интегралы</b>                                                                                 | <b>48</b>  | <b>10</b> | <b>12</b> | <b>26</b> |
| 6.1              | Двойной интеграл. Вычисление двойного интеграла в декартовой системе координат.                                        | 16         | 4         | 4         | 8         |
| 6.2              | Вычисление двойного интеграла в полярной системе координат. Интеграл Эйлера - Пуассона. Приложения двойного интеграла. | 16         | 3         | 4         | 9         |
| 6.3              | Тройной интеграл. Вычисление тройного интеграла. Приложения тройного интеграла.                                        | 16         | 3         | 4         | 9         |
|                  | <b>Раздел 7.<br/>Криволинейные и поверхностные интегралы.</b>                                                          | <b>48</b>  | <b>10</b> | <b>10</b> | <b>28</b> |
| 7.1              | Криволинейный интеграл по координатам. Приложения криволинейного интеграла.                                            | 16         | 3         | 4         | 9         |
| 7.2              | Формула Грина для вычисления криволинейного интеграла по замкнутому контуру.                                           | 16         | 3         | 4         | 9         |
| 7.3              | Поверхностный интеграл. Теорема Гаусса-Остроградского. Формула Стокса.                                                 | 16         | 4         | 2         | 10        |
|                  | <b>ИТОГО</b>                                                                                                           | <b>144</b> | <b>32</b> | <b>32</b> | <b>80</b> |
|                  | <b>Экзамен</b>                                                                                                         | <b>36</b>  |           |           |           |
|                  | <b>ИТОГО</b>                                                                                                           | <b>180</b> | <b>32</b> | <b>32</b> | <b>80</b> |

| 3 СЕМЕСТР |                                                                                                                                                                         |           |          |          |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|
|           | <b>Раздел 8. Дифференциальные уравнения первого порядка.</b>                                                                                                            | <b>36</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>20</b> |
| 8.1       | Дифференциальные уравнения. Задача Коши. Дифференциальные уравнения (ДУ) с разделяющимися переменными.                                                                  | 12        | 3        | 3        | 6         |
| 8.2       | Однородные уравнения I-го порядка. Линейные уравнения I-го порядка. Уравнения Бернулли.                                                                                 | 12        | 3        | 3        | 6         |
| 8.3       | Дифференциальные уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель.                                                                                            | 12        | 2        | 2        | 8         |
|           | <b>Раздел 9. Дифференциальные уравнения второго порядка.</b>                                                                                                            | <b>36</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>20</b> |
| 9.1       | Дифференциальные уравнения второго порядка, допускающие понижение порядка. Линейные однородные и неоднородные дифференциальные уравнения второго порядка (ЛОДУ и ЛНДУ). | 9         | 2        | 2        | 5         |
| 9.2       | Линейная независимость функций. Определитель Вронского и его свойства. Фундаментальная система ЛОДУ второго порядка.                                                    | 9         | 2        | 2        | 5         |
| 9.3       | ЛОДУ второго порядка с постоянными коэффициентами. ЛНДУ второго порядка с постоянными коэффициентами.                                                                   | 9         | 2        | 2        | 5         |
| 9.4       | Линейные дифференциальные уравнения $n$ -го порядка. Алгоритм построения общего решения.                                                                                | 9         | 2        | 2        | 5         |
|           | <b>Раздел 10. Системы дифференциальных уравнений.</b>                                                                                                                   | <b>36</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>20</b> |
| 10.1      | Системы линейных дифференциальных уравнений первого порядка, решение методом исключения.                                                                                | 12        | 3        | 3        | 6         |
| 10.2      | Системы ЛДУ первого порядка. Метод вариации произвольных постоянных, метод Эйлера. Создание математических моделей.                                                     | 12        | 3        | 3        | 6         |
| 10.3      | Системы линейных неоднородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.                                                                                  | 12        | 2        | 2        | 8         |
|           | <b>Раздел 11. Числовые и функциональные ряды.</b>                                                                                                                       | <b>36</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>20</b> |
| 11.1      | Числовые ряды. Ряды Дирихле. Знакопередающийся ряд, признак Лейбница.                                                                                                   | 9         | 2        | 2        | 5         |
| 11.2      | Функциональные ряды. Степенные ряды, теорема Абеля. Свойства степенных рядов.                                                                                           | 9         | 2        | 2        | 5         |

|      |                                                                                             |            |           |           |           |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 11.3 | Ряды Тейлора и Маклорена. Алгоритм разложения функции в ряд Маклорена.                      | 9          | 2         | 2         | 5         |
| 11.4 | Разложение функций в ряд Тейлора с помощью основных разложений. Применение степенных рядов. | 9          | 2         | 2         | 5         |
|      | <b>ИТОГО</b>                                                                                | <b>144</b> | <b>32</b> | <b>32</b> | <b>80</b> |
|      | <b>Экзамен</b>                                                                              | <b>36</b>  |           |           |           |
|      | <b>ИТОГО</b>                                                                                | <b>180</b> | <b>32</b> | <b>32</b> | <b>80</b> |

|       | <b>4 СЕМЕСТР</b>                                                                                                                                                                                          |           |          |           |           |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|
|       | <b>Раздел 12.<br/>Теория вероятностей. Случайные величины и их законы распределения.</b>                                                                                                                  | <b>54</b> | <b>8</b> | <b>16</b> | <b>30</b> |
| 12.1. | Случайные события. Виды случайных событий. Алгебра событий. Классическое определение вероятности.                                                                                                         | 12        | 2        | 4         | 6         |
| 12.2  | Теоремы сложения и умножения вероятностей. Условная вероятность. Теорема о полной вероятности. Формула Байеса.                                                                                            | 12        | 3        | 3         | 6         |
| 12.3  | Повторные испытания. Формула Бернулли. Локальная и интегральная теоремы Муавра-Лапласа. Формула Пуассона.                                                                                                 | 10        | 1        | 3         | 6         |
| 12.4  | Дискретная случайная величина: вероятностный ряд, функция распределения. Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение. Биномиальное распределение.                              | 10        | 1        | 3         | 6         |
| 12.5  | Непрерывная случайная величина: функция плотности вероятностей и функция распределения случайной величины. Равномерный закон распределения, его параметры. Нормальный закон распределения, его параметры. | 10        | 1        | 3         | 6         |
|       | <b>Раздел 13.<br/>Математическая статистика.</b>                                                                                                                                                          | <b>54</b> | <b>8</b> | <b>16</b> | <b>30</b> |
| 13.1  | Задачи математической статистики. Генеральная и выборочная совокупности. Статистический ряд выборочной совокупности. Интервальный статистический ряд. Полигон частот.                                     | 13        | 1        | 4         | 8         |
| 13.2  | Точечные и интервальные статистические оценки параметров распределения случайной величины.                                                                                                                | 14        | 3        | 4         | 7         |
| 13.3  | Проверка статистических гипотез: формулировка основной и конкурирующей гипотезы. Уровень                                                                                                                  | 13        | 1        | 4         | 8         |

|      |                                                                                                                                                              |            |           |           |           |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|      | значимости. Выбор критерия для проверки гипотезы.                                                                                                            |            |           |           |           |
| 13.4 | Элементы теории корреляции. Коэффициент корреляции $r_{xy}$ и корреляционный момент $k_{xy}$ - их оценки по выборочным данным. Уравнения линейной регрессии. | 14         | 3         | 4         | 7         |
|      | <b>ИТОГО</b>                                                                                                                                                 | <b>108</b> | <b>16</b> | <b>32</b> | <b>60</b> |

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### 1 СЕМЕСТР

**Введение.** Предмет и методы математики. Описание основных разделов курса. Структура курса и правила рейтинговой системы.

#### Раздел 1. Элементы алгебры.

- 1.1. Числовые множества, комплексные числа. Определители II и III порядков. Векторы: основные понятия, скалярное, векторное и смешанное произведения векторов. Аналитическая геометрия: прямая на плоскости, кривые II порядка.
- 1.2. Матрицы: действия над матрицами, приведение к ступенчатому виду и виду Гаусса. Ранг матрицы. Обратная матрица. Теорема Кронекера-Капелли. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Собственные числа и векторы. Квадратичные формы.

#### Раздел 2. Функция одной переменной. Предел функции. Непрерывность функции.

- 2.1. Функция. Способы задания функции. Элементарные функции. Предел функции в точке. Односторонние пределы. Пределы на бесконечности.
- 2.2. Бесконечно малые и бесконечно большие функции, их свойства и взаимосвязь. Основные теоремы о пределах. Первый и второй замечательные пределы.
- 2.3. Непрерывность функции в точке и на промежутке. Свойства функций, непрерывных на отрезках. Точки разрыва функции и их классификация.

#### Раздел 3. Дифференциальное исчисление функции одной переменной.

- 3.1. Производная функции, ее геометрический и механический смысл. Уравнения касательной и нормали. Правила дифференцирования. Таблица основных производных.
- 3.2. Дифференцируемость функции: определение, теоремы о связи непрерывности и дифференцируемости функции и с существованием производной. Дифференциал функции: определение, свойства. Производная сложной функции.
- 3.3. Основные теоремы дифференциального исчисления: Ролля, Лагранжа, Коши. Правило Лопиталя (раскрытие неопределенностей). Производные высших порядков.
- 3.4. Монотонность функции: определение, необходимые и достаточные условия. Экстремум функции: определение, необходимые и достаточные условия. Выпуклость, вогнутость и точки перегиба графика функции: определения, необходимые и достаточные условия их существования. Общая схема исследования функций, построение их графиков.

#### Раздел 4. Интегральное исчисление функции одной переменной.

- 4.1. Первообразная функция. Неопределенный интеграл и его свойства. Таблица основных интегралов.
- 4.2. Методы интегрирования: непосредственное интегрирование, метод подстановки, интегрирование по частям, интегрирование рациональных дробей, интегрирование некоторых иррациональных и тригонометрических функций.

- 4.3. Определенный интеграл, его геометрический смысл, его свойства. Теорема о среднем значении. Формула Ньютона-Лейбница. Замена переменной и интегрирование по частям в определенном интеграле. Вычисление площадей плоских фигур и объемов тел вращения с помощью определенного интеграла. Несобственные интегралы: определения, свойства, методы вычисления.

## 2 СЕМЕСТР

### Раздел 5. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных.

- 5.1. Функции двух и более переменных: определение, область определения, область существования, геометрическая интерпретация, линии уровня, и поверхности уровня. Предел функции в точке. Частные производные (на примере функции двух переменных). Дифференцируемость функции: определение, связь дифференцируемости с непрерывностью и с существованием частных производных. Достаточные условия дифференцируемости функции. Дифференцируемость сложной функции, полная производная.
- 5.2. Дифференциал функции двух переменных, его инвариантность. Дифференцирование функции одной и двух переменных, заданной неявно. Частные производные и дифференциалы высших порядков. Теорема о равенстве смешанных производных (для функции двух переменных). Аналитический признак полного дифференциала.
- 5.3. Производная по направлению: определение, формула для ее вычисления. Градиент и его свойства. Экстремумы функции двух переменных: определения, необходимое и достаточное условия существования экстремума. Условный экстремум: определение, методы нахождения точек условного экстремума (прямой метод и метод множителей Лагранжа). Наибольшее и наименьшее значения функции двух переменных в замкнутой области.

### Раздел 6. Кратные интегралы.

- 6.1. Двойной интеграл: определение, геометрический смысл, свойства. Теорема о среднем значении двойного интеграла. Вычисление двойного интеграла в декартовой системе координат.
- 6.2. Вычисление двойного интеграла в полярной системе координат. Интеграл Эйлера - Пуассона. Приложения двойного интеграла: вычисление площади плоской области, объема цилиндрического тела, площади поверхности, массы пластинки с заданной плотностью, координат центра тяжести пластинки.
- 6.3. Тройной интеграл: определение, физический и геометрический смысл, свойства, теорема о среднем значении тройного интеграла. Вычисление тройного интеграла в декартовой системе координат, в цилиндрических и сферических координатах. Приложения тройного интеграла: вычисление объема, массы тела с заданной плотностью, координат центра тяжести тела.

### Раздел 7. Криволинейные и поверхностные интегралы.

- 7.1. Криволинейный интеграл по координатам: определение, физический смысл, свойства. Вычисление криволинейного интеграла. Формула для вычисления работы при перемещении материальной точки в силовом поле вдоль некоторого пути.
- 7.2. Формула Грина для вычисления криволинейного интеграла по замкнутому контуру. Независимость криволинейного интеграла от пути интегрирования: необходимое и достаточное условие независимости, критерий независимости. Потенциальное поле, потенциальная функция и ее вычисление. Вычисление криволинейного интеграла, не зависящего от пути интегрирования.
- 7.3. Поверхностный интеграл: определение, физический смысл, вычисление в декартовой системе координат. Теорема Гаусса-Остроградского. Формула Стокса.

### 3 СЕМЕСТР

#### Раздел 8. Дифференциальные уравнения первого порядка.

- 8.1. Дифференциальные уравнения: определение, порядок, решение, теорема существования и единственности решения. Задача Коши. Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными.
- 8.2. Однородные уравнения первого порядка: определение и метод решения. Линейные уравнения первого порядка: определение и метод решения. Уравнения Бернулли: определение и метод решения.
- 8.3. Дифференциальные уравнения в полных дифференциалах: определение и метод решения. Интегрирующий множитель: определение, сведение к уравнению в полных дифференциалах с помощью интегрирующего множителя.

#### Раздел 9. Дифференциальные уравнения второго порядка.

- 9.1. Дифференциальные уравнения второго порядка, допускающие понижение порядка. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка: определение, однородные и неоднородные линейные уравнения. Свойства решений.
- 9.2. Линейная независимость функций. Определитель Вронского и его свойства. Теоремы о структуре общих решений линейных однородных и линейных неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка. Фундаментальная система решений линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка.
- 9.3. Линейные однородные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами: метод Эйлера для решения этих уравнений. Линейные неоднородные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами: метод подбора частного решения этого уравнения с правой частью специального вида и метод вариации произвольных постоянных.
- 9.4. Линейные дифференциальные уравнения  $n$ -го порядка: свойства решений, теоремы о структуре общего решения. Алгоритм построения общего решения линейного дифференциального уравнения  $n$ -го порядка с постоянными коэффициентами.

#### Раздел 10. Системы дифференциальных уравнений.

- 10.1. Системы линейных дифференциальных уравнений первого порядка, решение методом исключения.
- 10.2. Системы линейных дифференциальных уравнений первого порядка, метод вариации произвольных постоянных. Системы линейных однородных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами, метод Эйлера.
- 10.3. Системы линейных неоднородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

#### Раздел 11. Числовые и функциональные ряды.

- 11.1. Числовые ряды: основные понятия, сходимость ряда. Необходимый признак сходимости ряда. Свойства сходящихся рядов. Достаточные признаки сходимости знакоположительных рядов: интегральный признак Коши; признаки сравнения рядов; признак Даламбера; радикальный признак Коши. Ряды Дирихле. Знакопередающийся ряд: определение, признак Лейбница. Абсолютная и условная сходимость знакопеременных рядов.
- 11.2. Функциональные ряды. Степенные ряды: определение, теорема Абеля, интервал сходимости, радиус сходимости. Свойства степенных рядов.
- 11.3. Ряды Тейлора и Маклорена: определение, условия сходимости ряда Тейлора к исходной функции. Лемма  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{x^n}{n!} = 0$  для  $\forall x \in \mathbb{R}$ . Достаточные условия сходимости ряда Тейлора. Алгоритм разложения функции в ряд Маклорена. Основные разложения функций:  $e^x$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\ln(1+x)$ ,  $(1+x)^n$ ,  $\arctg x$ ,  $\arcsin x$  в ряд Маклорена.

- 11.4. Разложение функций в ряд Тейлора с помощью основных разложений. Применение степенных рядов: приближенные вычисления, приближенное решение дифференциальных уравнений.

#### 4 СЕМЕСТР

##### **Раздел 12. Теория вероятностей. Случайные величины и их законы распределения.**

- 12.1. Случайные, достоверные и невозможные события. Виды случайных событий: совместные и несовместные, противоположные события. Алгебра событий: сумма, произведение событий. Элементарные события (исходы). Классическое определение вероятности. Свойства вероятности случайного события.
- 12.2. Теоремы вероятностей: сложение вероятностей совместных и несовместных событий; произведения вероятностей зависимых и независимых событий. Условная вероятность. Теорема о полной вероятности. Формулы Байеса.
- 12.3. Повторные испытания. Формула Бернулли. Локальная и интегральная теоремы Муавра-Лапласа. Формула Пуассона.
- 12.4. Случайная величина: определение виды случайных величин. Дискретная случайная величина: вероятностный ряд, функция распределения. Математическое ожидание, дисперсия и среднеквадратическое отклонение, и их свойства. Биномиальное распределение, закон Пуассона для дискретной случайной величины.
- 12.5. Непрерывная случайная величина: функция плотности вероятностей и ее свойства, функция распределения этой случайной величины и ее свойства. Связь между этими функциями. Вероятность попадания непрерывной случайной величины на некоторый промежуток. Равномерный закон распределения, его параметры. Нормальный закон распределения, его параметры и формулы.

##### **Раздел 13. Математическая статистика.**

- 13.1. Задачи математической статистики. Генеральная и выборочная совокупности. Статистический ряд выборочной совокупности (выборки). Интервальный статистический ряд выборки (при больших объемах выборки). Полигон частот статистического распределения выборки.
- 13.2. Точечные статистические оценки параметров распределения исследуемой случайной величины: среднее арифметическое статистических значений, выборочная дисперсия, исправленная выборочная дисперсия. Основные требования, предъявляемые к точечным оценкам. Интервальные оценки параметров распределения исследуемой случайной величины (в предположении, что она имеет нормальное распределение случайной величины) интервал математического ожидания при известной дисперсии и неизвестной, доверительный интервал для среднеквадратического отклонения.
- 13.3. Проверка статистических гипотез: формулировка основной и конкурирующей гипотезы. Уровень значимости. Выбор критерия для проверки основной гипотезы. Проверка гипотезы о равенстве дисперсии двух генеральных совокупностей по двум выборкам из них. Проверка гипотезы о равенстве двух средних (при известной и неизвестной дисперсии). Проверка гипотезы о нормальном распределении (критерий Пирсона).
- 13.4. Элементы теории корреляции.  $(X, Y)$ - система двух случайных величин (двумерная случайная величина). Зависимость между составляющими  $X$  и  $Y$  – основная задача корреляции. Коэффициент корреляции  $r_{xy}$  и корреляционный момент  $k_{xy}$  - их оценки по выборочным данным. Проверка гипотезы о существовании корреляционной зависимости между  $X$  и  $Y$ . Уравнения линейной регрессии  $Y$  на  $X$  и  $X$  на  $Y$  в случае наличия корреляционной зависимости.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

[illegible]

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности | ОПК-2.5 Умеет проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам, применять математические методы при решении типовых профессиональных задач; | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
|                                                                               | ОПК-2.9 Владеет основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации                                                                                                                       | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Примерные темы практических занятий по дисциплине.

| № п/п            | № раздела дисциплины | Темы практических (семинарских) занятий                                                                                                                                                                                                     | Часы     |
|------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1 семестр</b> |                      |                                                                                                                                                                                                                                             |          |
| <b>1.</b>        | 1.1                  | <b>Практическое занятие 1</b><br>Числовые множества, комплексные числа. Определители II и III порядков.                                                                                                                                     | 2        |
| <b>2</b>         | 1.1                  | <b>Практическое занятие 2</b><br>Векторы: основные понятия, скалярное, векторное и смешанное произведение векторов.                                                                                                                         | 2        |
| <b>3</b>         | 1.1                  | <b>Практическое занятие 3</b><br>Аналитическая геометрия: прямая на плоскости, кривые II порядка.                                                                                                                                           | 2        |
| <b>4</b>         | 1.2                  | <b>Практическое занятие 4</b><br>Матрицы: действия над матрицами, приведение к ступенчатому виду и виду Гаусса. Ранг матрицы. Обратная матрица. Теорема Кронекера-Капелли.                                                                  | 2        |
| <b>5</b>         | 1.2                  | <b>Практическое занятие 5</b><br>Решение систем линейных алгебраических уравнений. Собственные числа и векторы. Квадратичные формы.                                                                                                         | 2        |
| <b>6</b>         | 2.1<br>2.2           | <b>Практическое занятие 6</b><br>Функция: область определения, чётность, нечётность, точки пересечения с осями координат. Элементарные функции, их свойства и графики. Вычисления пределов функций с помощью алгебраических преобразований. | 2        |
| <b>7</b>         | 2.3                  | <b>Практическое занятие 7</b><br>Вычисление пределов с помощью первого и второго замечательных пределов.                                                                                                                                    | 2        |
| <b>8</b>         |                      | <b>Контрольная работа № 1</b>                                                                                                                                                                                                               | <b>2</b> |
| <b>9</b>         | 3.1                  | <b>Практическое занятие 8</b><br>Производная: определение, геометрический смысл. Правила дифференцирования. Таблица производных элементарных функций.                                                                                       | 2        |
| <b>10</b>        | 3.2                  | <b>Практическое занятие 9</b><br>Производная сложённой функции.                                                                                                                                                                             | 2        |
| <b>11</b>        | 3.2                  | <b>Практическое занятие 10</b><br>Производная высшего порядка. Дифференциал функции.                                                                                                                                                        |          |
| <b>12</b>        | 3.3                  | <b>Практическое занятие 11</b><br>Вычисления пределов с помощью правила Лопиталя.                                                                                                                                                           | 2        |
| <b>13</b>        | 3.4                  | <b>Практическое занятие 12</b><br>Нахождения асимптот функции. Исследование функции на монотонность и экстремумы.                                                                                                                           | 2        |
| <b>14</b>        | 3.4                  | <b>Практическое занятие 13</b><br>Исследование функции на выпуклость, вогнутость, точки перегиба.                                                                                                                                           |          |
| <b>15</b>        | 3.4                  | <b>Практическое занятие 14</b><br>Полное исследование функции и построение её графика.                                                                                                                                                      | 2        |
| <b>16</b>        |                      | <b>Контрольная работа № 2</b>                                                                                                                                                                                                               | <b>2</b> |
| <b>17</b>        | 4.1                  | <b>Практическое занятие 15</b>                                                                                                                                                                                                              | 2        |

|             |                 |                                                                                                                              |   |
|-------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|             |                 | Таблица основных интегралов. Непосредственное (табличное) интегрирование.                                                    |   |
| 18          | 4.1             | <b>Практическое занятие 16</b><br>Интегрирование методом подведения под знак дифференциала и методом разложения.             | 2 |
| 19          | 4.2             | <b>Практическое занятие 17</b><br>Интегрирование заменой. Интегрирование по частям.                                          | 2 |
| 20          | 4.2             | <b>Практическое занятие 18</b><br>Интегрирование рациональных дробей.                                                        | 2 |
| 21          | 4.2             | <b>Практическое занятие 19.</b><br>Интегрирование некоторых иррациональностей.<br>Интегрирование тригонометрических функций. | 2 |
| 22          | 4.3             | <b>Практическое занятие 20</b><br>Определенный интеграл.                                                                     | 2 |
| 23          | 4.3             | <b>Практическое занятие 21</b><br>Несобственные интегралы.                                                                   | 2 |
| 24          |                 | <b>Контрольная работа № 3</b>                                                                                                | 2 |
| <b>ИТОГ</b> | <b>48 часов</b> |                                                                                                                              |   |

| 2 семестр |                      |                                                                                                                                    |      |
|-----------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| № п/п     | № раздела дисциплины | Темы практических (семинарских) занятий                                                                                            | Часы |
| 1.        | 5.1                  | <b>Практическое занятие 1.</b><br>Повторение: дифференцирование и интегрирование функции одной переменной.                         | 2    |
| 2.        | 5.1                  | <b>Практическое занятие 2.</b><br>Частные производные функции 2-х и 3-х переменных.<br>Полный дифференциал функции 2-х переменных. | 2    |
| 3.        | 5.2                  | <b>Практическое занятие 3.</b><br>Производные сложной функции. Полная производная.<br>Дифференцирование функции, заданной неявно.  | 2    |
| 4.        | 5.2                  | <b>Практическое занятие 4.</b><br>Частные производные и дифференциалы высших порядков.                                             | 2    |
| 5.        | 5.3                  | <b>Практическое занятие 5.</b><br>Производная по направлению и градиент.                                                           | 2    |
| 6.        |                      | <b>Контрольная работа № 1</b>                                                                                                      | 2    |
| 7.        | 5.3                  | <b>Практическое занятие 6.</b><br>Экстремум функции 2-х переменных.                                                                | 2    |
| 8.        | 5.3                  | <b>Практическое занятие 7.</b><br>Условный экстремум.                                                                              | 2    |
| 9.        | 6.1                  | <b>Практическое занятие 8.</b><br>Двойной интеграл: переход к повторному интегралу, изменение порядка интегрирования. Примеры.     | 2    |
| 10.       | 6.1                  | <b>Практическое занятие 9.</b><br>Вычислить двойной интеграл в декартовой системе координат.                                       | 2    |
| 11.       | 6.2<br>6.3           | <b>Практическое занятие 10.</b><br>Вычислить двойной интеграл в полярной системе координат. Приложения двойного интеграла.         | 2    |
| 12.       |                      | <b>Контрольная работа №2</b>                                                                                                       | 2    |

|             |                |                                                                                                                                                                                       |   |
|-------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 13.         | 7.1            | <b>Практическое занятие 11.</b><br>Криволинейный интеграл по координатам (вычисление).<br>Вычисление работы по перемещению материальной точки в силовом поле.                         | 2 |
| 14.         | 7.2            | <b>Практическое занятие 12.</b><br>Вычисление криволинейного интеграла по замкнутому контуру с помощью формулы Грина.                                                                 | 2 |
| 15          | 7.3            | <b>Практическое занятие 13.</b><br>Вычисление криволинейного интеграла, независимого от пути интегрирования (с помощью выбора оптимального пути или с помощью потенциальной функции). | 2 |
| 16          |                | <b>Контрольная работа №3</b>                                                                                                                                                          | 2 |
| <b>ИТОГ</b> | <b>32 часа</b> |                                                                                                                                                                                       |   |

| 3 семестр |                      |                                                                                                                                                                                       |      |
|-----------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| № п/п     | № раздела дисциплины | Темы практических (семинарских) занятий                                                                                                                                               | Часы |
| 1.        | 8.1                  | <b>Практическое занятие 1.</b><br>Повторение интегрирования (1 час). Решение дифференциальных уравнений с разделяющимися переменными.                                                 | 2    |
| 2.        | 8.1<br>8.2           | <b>Практическое занятие 2.</b><br>Решение однородных дифференциальных уравнений I-го порядка. Решение линейных дифференциальных уравнений Бернулли.                                   | 2    |
| 3.        | 8.3                  | <b>Практическое занятие 3.</b><br>Уравнения в полных дифференциалах и допускающих интегрирующий множитель вида $\mu(x)$ и $\mu(y)$ .                                                  | 2    |
| 4.        | 8.3                  | <b>Практическое занятие 4.</b><br>Решение различных уравнений I-го порядка для подготовки к контрольной работе.                                                                       | 2    |
| 5.        |                      | <b>Контрольная работа №1</b>                                                                                                                                                          | 2    |
| 6.        | 9.1                  | <b>Практическое занятие 5.</b><br>Решение дифференциальных уравнений II -го порядка, допускающих понижение порядка.                                                                   | 2    |
| 7.        | 9.2                  | <b>Практическое занятие 6.</b><br>Решение ЛОДУ II -го порядка с постоянными коэффициентами по методу Эйлера. Решение ЛНДУ II -го порядка с правой частью вида $P_n(x) \cdot e^{ax}$ . | 2    |
| 8.        | 9.3                  | <b>Практическое занятие 7.</b><br>Решение ЛНДУ II -го порядка с правой частью вида $e^{ax} \cdot (A \cos bx + B \sin bx)$ .                                                           | 2    |
| 9.        | 9.4                  | <b>Практическое занятие 8.</b><br>Метод вариации произвольных постоянных для ЛНДУ II -го порядка с постоянными коэффициентами.                                                        | 2    |
| 10.       | 10.1<br>10.2         | <b>Практическое занятие 9.</b><br>Решение систем линейных дифференциальных уравнений I-го порядка с постоянными коэффициентами. Метод исключения. Метод Эйлера для однородных         | 2    |

|             |                |                                                                                                                                                                                         |          |
|-------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|             |                | линейных систем, далее для неоднородной системы.<br>Метод вариации произвольных постоянных.                                                                                             |          |
| <b>11.</b>  |                | <b>Контрольная работа №2</b>                                                                                                                                                            | <b>2</b> |
| <b>12.</b>  | 11.1           | <b>Практическое занятие 10.</b><br>Числовые ряды: основные понятия, общий член, частичная сумма, понятие сходимости ряда.<br>Необходимый признак сходимости. Интегральный признак Коши. | 2        |
| <b>13.</b>  | 11.2           | <b>Практическое занятие 11.</b><br>Исследование сходимости по признакам сравнения рядов и признаку Даламбера.                                                                           | 2        |
| <b>14.</b>  | 11.3           | <b>Практическое занятие 12.</b><br>Исследование сходимости знакочередующихся рядов по признаку Лейбница. Абсолютная и условная сходимость рядов.                                        | 2        |
| <b>15.</b>  | 11.4           | <b>Практическое занятие 13.</b><br>Степенной ряд, нахождение его области сходимости.                                                                                                    | 2        |
| <b>16.</b>  |                | <b>Контрольная работа №3</b>                                                                                                                                                            | <b>2</b> |
| <b>ИТОГ</b> | <b>32 часа</b> |                                                                                                                                                                                         |          |

| <b>4 семестр</b> |                             |                                                                                                                                                                                                           |             |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>№ п/п</b>     | <b>№ Раздела дисциплины</b> | <b>Темы практических (семинарских) занятий</b>                                                                                                                                                            | <b>Часы</b> |
| <b>1.</b>        | 12.1                        | <b>Практическое занятие 1.</b><br>Решение задач по комбинаторике.                                                                                                                                         | 2           |
| <b>2.</b>        | 12.1                        | <b>Практическое занятие 2.</b><br>Действия над событиями. Классическое определение вероятности события, вычисление вероятности случайного события.                                                        | 2           |
| <b>3.</b>        | 12.2                        | <b>Практическое занятие 3.</b><br>Вычисление вероятностей случайных событий с помощью теорем вероятностей: суммы и произведения событий, противоположных событий.                                         | 2           |
| <b>4.</b>        | 12.2                        | <b>Практическое занятие 4.</b><br>Теорема полной вероятности. Формула Байеса.                                                                                                                             | 2           |
| <b>5.</b>        | 12.3                        | <b>Практическое занятие 5.</b><br>Повторные события. Формула Бернулли. Локальная и интегральная формула Лапласа. Формула Пуассона.                                                                        | 2           |
| <b>6.</b>        |                             | <b>Контрольная работа № 1</b>                                                                                                                                                                             | <b>2</b>    |
| <b>7.</b>        | 12.4                        | <b>Практическое занятие 6.</b><br>Дискретная случайная величина: вероятностный ряд, функция распределения вероятностей, числовые характеристики. Биноминальный закон распределения д.с.в. Закон Пуассона. | 2           |
| <b>8.</b>        | 12.5                        | <b>Практическое занятие 7.</b><br>Непрерывная случайная величина: функция плотности вероятностей, функция распределения вероятностей, числовые характеристики. Равномерный закон распределения н.с.в.     | 2           |
| <b>9.</b>        | 12.5                        | <b>Практическое занятие 8.</b>                                                                                                                                                                            | 2           |

|              |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |
|--------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|              |                 | Нормальный закон распределения н.с.в.: нахождение функции $F(x)$ по данной $f(x)$ и наоборот, числовые характеристики, вероятность попадания с.в. в заданный промежуток.                                                                                                                                                                                         |          |
| <b>10.</b>   |                 | <b>Контрольная работа № 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>2</b> |
| <b>11</b>    | 13.1            | <b>Практическое занятие 9.</b><br>Начальная обработка статистических данных: статистический (вариационный) ряд, эмпирическая функция распределения частот, полигон частот. Интервальный статистический ряд, гистограмма частот.                                                                                                                                  | 2        |
| <b>12.</b>   | 13.2            | <b>Практическое занятие 10.</b><br>Точечные оценки параметров распределения генеральной совокупности, формулы для этих оценок. Метод условных вариантов для упрощения расчета оценок.                                                                                                                                                                            | 2        |
| <b>13.</b>   | 13.2            | <b>Практическое занятие 11.</b><br>Построения доверительных интервалов для истинного математического ожидания, при известной и неизвестной дисперсии генеральной совокупности и для среднего квадратического отклонения.                                                                                                                                         | 2        |
| <b>14</b>    | 13.3            | <b>Практическое занятие 12.</b><br>Проверка статистических гипотез: а) равенства дисперсий двух нормальных генеральных совокупностей, б) равенства математических ожиданий двух нормальных генеральных совокупностей с известной и неизвестной дисперсией, в) равенства математического ожидания нормальной генеральной совокупности некоторому заданному числу. | 2        |
| <b>15</b>    | 13.4            | <b>Практическое занятие 13.</b><br>Проверка гипотезы о нормальном распределении генеральной совокупности: критерий согласия Пирсона (с расчетом теоретических частот нормального распределения).                                                                                                                                                                 | 2        |
| <b>16</b>    |                 | <b>Контрольная работа № 3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>2</b> |
| <b>Итого</b> | <b>32 часов</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (1 семестр), *экзамена* (2, 3 семестры) и *зачета* (4 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на

лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка складывается из оценок за выполнение контрольных работ: 3 контрольные работы в 1 семестре (максимальная оценка за каждую контрольную работу 20 баллов); 3 контрольные работы во 2 семестре (максимальная оценка за каждую контрольную работу 20 баллов); 3 контрольные работы в 3 семестре (максимальная оценка за каждую контрольную работу 20 баллов); 3 контрольные работы в 4 семестре (максимальная оценка за первую и вторую контрольные работы по 30 баллов и за третью контрольную работу 40 баллов). Максимальная оценка текущей работы в 1, 2 и 3 семестрах составляет 60 баллов и в 4 семестре 100 баллов.

В соответствии с учебным планом изучение материала разделов завершается контролем его освоения в форме зачета с оценкой в 1 семестре (максимальная оценка 40 баллов), экзаменов во 2 семестре (максимальная оценка 40 баллов) и в 3 семестре (максимальная оценка 40 баллов).

### 8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 12 контрольных работ (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 1-9 (1-3 семестр) составляет 20 баллов за каждую работу, за контрольные работы 10-11 (4 семестр) составляет 30 баллов за каждую работу и за контрольную работу 12 (4 семестр) составляет 40 баллов.

## 1 СЕМЕСТР

**Раздел 1, 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 5 вопросов по 4 балла за вопрос.**

### Вариант 1.

- 1) Решить систему уравнений методом Крамера:
- $$\begin{cases} x + 2y + 3z = 5 \\ 2x - y - z = 1 \\ x + 3y + 4z = 6 \end{cases}$$
- 2) С помощью обратной матрицы  $A^{-1}$  решить матричное уравнение  $AX=B$  и сделать проверку:

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 5 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 4 & -6 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Вычислить пределы:

3)  $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{2x^2 - 5x + 3}{\sqrt{x+8} - 3}$

4)  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos 6x}{1 - \cos 8x}$

5)  $\lim_{x \rightarrow \infty} \left( \frac{x+5}{x+2} \right)^{3x}$

### Вариант 2.

1) Даны вершины тетраэдра  $ABCD$ :  $A(2; -1; 2)$ ,  $B(1; 2; -1)$ ,  $C(3; 2; 1)$ ,  $D(-4; 2; 5)$ . Найти объем тетраэдра и высоту, опущенную из вершины  $D$ .

2). Исследовать систему на совместность и найти ее общее решение методом Гаусса:

$$\begin{cases} 3x_1 - x_2 + x_4 = 4 \\ 2x_1 + x_2 - 3x_3 = 7 \\ x_1 - 2x_2 + 3x_3 + x_4 = -3 \\ 5x_1 - 3x_3 + x_4 = 11 \end{cases}$$

Вычислить пределы:

3)  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{6n^2 + 5n + 4}{3n^2 - 5n + 1}$

4)  $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{\sqrt{11-x} - \sqrt{7+x}}{3x^2 - 4x - 4}$

5)  $\lim_{x \rightarrow \infty} \left( \frac{x+1}{x} \right)^{2-5x}$

### Вариант 3.

1) Даны векторы  $\vec{a} = (-5; 8; 10)$ ,  $\vec{b} = (-1; 6; 4)$ ;  $\vec{c} = (-3; 4; -12)$ . Найти проекцию вектора  $\vec{d} = \vec{a} - \vec{b}$  на вектор  $\vec{c}$ .

2) С помощью обратной матрицы  $A^{-1}$  решить матричное уравнение  $XA=B$  и сделать проверку:

$$A = \begin{pmatrix} -2 & 3 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} -4 & 7 \\ -7 & 11 \end{pmatrix}.$$

Вычислить пределы:

3)  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{5x^2}{1 - \cos 3x}$

4)  $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{2x^2 - 3x - 9}{\sqrt{x^2 + 16} - 5}$

5)  $\lim_{x \rightarrow 0} (1 + 3x)^{\frac{8}{x}}$

### Вариант 4.

1) Дан  $\triangle ABC$ :  $A(28; 2)$ ;  $B(4; -5)$ ;  $C(0; -2)$ . Составить уравнения  $AC$ , медианы из т.  $C$  и найти угол между ними.

2). Исследовать систему на совместность и найти ее общее решение методом Гаусса:

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 - x_3 - 2x_4 = 7 \\ 2x_1 + 3x_2 - x_4 = 5 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + 4x_4 = -7 \end{cases}$$

Вычислить пределы:

3)  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{n^3 - 2n + 7}{3n^3 + n^2 - 1}$

4)  $\lim_{x \rightarrow 4} \frac{2x^2 - 7x - 4}{\sqrt{9-2x} - \sqrt{5-x}}$

5)  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin^3 2x}{5x^3}$

**Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 5 вопросов по 4 балла за вопрос.**

**Вариант 1**

1. Найти  $f'(x)$ :  $f(x) = \ln \frac{x^2 + 1}{3x} - \operatorname{arctg} \sqrt{1-x} + x \cdot 3^{\sin^2 x}$

2. Найти  $y'(0)$ ,  $y''(0)$  для  $y = (2x^3 + 1) \cdot \cos x$

3.  $y = \frac{\sqrt{x} + \operatorname{arctg} x}{\cos x}$ ;  $dy = ?$

4. Вычислить пределы по правилу Лопиталья:

a.  $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{\ln(x^2 - 3)}{x^2 - 3x + 2}$

б.  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{8^{3x} - 7^x}{\arcsin 3x - 5x^2}$

5. Показать, что функция  $y = e^{-x} \sin 3x$  удовлетворяет дифференциальному уравнению  $y'' + 2y' + 10y = 0$ .

**Вариант 2**

1. Найти  $f'(x)$ :  $f(x) = \operatorname{tg} 2x \cdot \ln \frac{1}{x} + \frac{\arcsin \sqrt{x}}{x} + 3x^2$

2. Найти  $y'(1)$ ,  $y''(1)$  для  $y = \frac{\ln x}{x^3}$

3. Тело движется по закону:  $x(t) = \frac{2t^3}{3} + \frac{t^2}{2} + 3t$  вдоль оси  $Ox$ . Найти скорость и ускорение в момент времени  $t = 3$ .

4. Вычислить пределы по правилу Лопиталья:

a.  $\lim_{x \rightarrow \pi} \frac{\cos 3x - \cos x}{\operatorname{tg}^2 2x}$

б.  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{7^{2x} - 5^{3x}}{2x - \operatorname{arctg} 3x}$

5. Составить уравнение касательной к графику функции  $y = 5x^2 - 2x + 3$ , параллельной прямой  $y = 5 - 12x$ .

**Вариант 3**

1. Найти  $f'(x)$ :  $f(x) = \log_2 \frac{\cos x}{x} - 3^{\arcsin \frac{1}{x}} + x \cdot \sin(2x - 3)$

2. Найти  $y'(0)$ ,  $y''(0)$  для  $y = (4x + 3) \cdot e^{-x}$

3.  $y = \frac{\frac{3}{\sqrt{2x}} - 3 \operatorname{arctg} 4x}{\ln(3x + 2)}$ ;  $dy = ?$

4. Вычислить пределы по правилу Лопиталья:

a.  $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{\operatorname{arctg}(x^2 - 2x)}{\sin(3\pi x)}$

б.  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos 10x}{e^{x^2} - 1}$

5. Показать, что функция  $y = 3e^{2x} \cdot \cos 5x$  удовлетворяет дифференциальному уравнению  $y'' - 4y' + 29y = 0$ .

#### Вариант 4

1. Найти  $f'(x)$ :  $f(x) = x \cdot \ln\left(\operatorname{tg} \frac{x}{2}\right) - 3^{\cos \frac{\pi x}{2}} + \sqrt{\frac{x-1}{x+1}}$

2. Найти  $y'(0)$ ,  $y''(0)$  для  $y = e^x \cdot \sin 2x$

3. Точка движется по прямой по закону:  $S(t) = 5t^2 - 10t + 1$ . Определить скорость и ускорение точки в момент времени  $t = 2$ .

4. Вычислить пределы по правилу Лопиталя:

а.  $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{2^{\sin \pi x} - 1}{\ln(x^3 - 6x - 8)}$

б.  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{4^x - 2^{7x}}{\operatorname{tg} 3x - x}$

5. В каких точках касательная к графику функции  $y = x^3 - 12x^2 + 36x - 1$  параллельна оси  $Ox$ .

#### Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 5 вопросов по 4 балла за вопрос.

##### Вариант 1.

1. Найти интервалы возрастания, убывания и экстремумы функции  $y = (2x + 1)e^{\frac{-x^2}{3}}$ .

Вычислить интегралы:

2.  $\int (3 - x) \sin \frac{x}{2} dx$ ;

3.  $\int \cos^3 3x \cdot \sin^7 3x dx$ ;

4.  $\int \frac{3x^2 + x - 6}{x^3 + 2x^2} dx$ ;

5.  $\int_{-1}^7 \frac{5 - 2x}{\sqrt{x + 2}} dx$ .

##### Вариант 2.

1. Найти интервалы возрастания, убывания и экстремумы функции  $y = \frac{x^2 - 6x + 13}{x - 3}$ .

Вычислить интегралы:

2.  $\int (3x - 4) \cos 6x dx$ ;

3.  $\int \cos^3 \frac{x}{2} \cdot \sin^6 \frac{x}{2} dx$

4.  $\int \frac{x^2 - 3x - 7}{(x - 2)(x^2 + 5)} dx$ .

5.  $\int_{-1}^2 \frac{2x + 1}{\sqrt{x + 2}} dx$

##### Вариант 3.

1. Найти промежутки выпуклости, вогнутости и точки перегиба графика функции  $y = \frac{x}{x^2 + 1}$ .

Вычислить интегралы:

$$2. \int (8x^3 - 6x^2 + x) \ln x dx;$$

$$3. \int \operatorname{ctg}^2 5x dx;$$

$$4. \int \frac{5x^2 - 2x + 1}{(3x+1)(x^2+1)} dx.$$

$$5. \int_0^3 \frac{dx}{2 + \sqrt{x+1}}.$$

#### Вариант 4.

1. Найти асимптоты графика функции  $y = \frac{x^3 - 3x}{x^2 - 1}.$

Вычислить интегралы:

$$2. \int (2x+1)e^{4x} dx;$$

$$3. \int \cos^4 2x \cdot \sin^5 2x dx;$$

$$4. \int \frac{2x^2 + 3x - 12}{x^3 - 4x^2} dx.$$

$$5. \int_4^9 \frac{\sqrt{x}}{1 - \sqrt{x}} dx$$

## 2 СЕМЕСТР

**Раздел 5. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 5 вопросов по 4 балла за вопрос.**

#### Вариант 1.

1. Найти  $dz$  если  $z = \frac{\operatorname{tg}^3 3x}{\sqrt{y}}$

2. Найти  $\frac{dz}{dx}$  если  $z = \ln(e^x - e^y)$ , где  $y = \operatorname{ctg} 5x$ .

3. Найти производную функции  $u = \operatorname{arctg} \frac{xy}{z}$  в точке  $M(1;2;2)$  в направлении идущем из точки  $M$  в точку  $N(2;3;-3)$

4. Найти  $\operatorname{grad} u$  в точке  $M(1;0;-3)$  его длину и направление, если  $u = \ln(x^2 + y^2) + xyz$

5. Найти экстремумы функции  $z = -3x + xy - x^2 + 3y - y^2 + 1$

#### Вариант 2.

1. Найти  $du$  в точке  $M(2;-1;2)$  если  $u = \operatorname{arctg} \frac{y}{x} + zx$

2. Найти  $\frac{\partial z}{\partial u}$  и  $\frac{\partial z}{\partial v}$  если  $z = x^2 \ln y$ , где  $x = \frac{u}{v}$ ,  $y = 3u - 2v$ .

3. Найти производную функции  $u = \frac{\cos^2 y}{5x - 2z}$  в точке  $M(1; \frac{\pi}{4}; 2)$  в направлении составляющем равные острые углы с осями координат.

4. Найти величину наибольшей скорости изменения функции  $u = x^2 + 2y^2 + 3z^2 - 3x - 2y - 6z$  в точке  $M(1;1;1)$ .

5. Найти экстремумы функции  $z = 6x - 4y - x^2 - y^2 + 10$

### Вариант 3.

1. Найти  $dz$  если  $z = \operatorname{arctg} \sqrt{x^y}$ .
2. Найти  $\frac{dz}{dx}$  если  $z = \operatorname{tg} \frac{\sqrt{2y}}{x}$ , где  $y = 5^{-x}$ .
3. Найти производную функции  $u = \frac{3z}{x^2 + y^2 + z^2}$  в точке  $M(1; -1; 1)$  в направлении вектора  $2\vec{i} + \vec{j} - 2\vec{k}$ .
4. Найти  $\operatorname{grad} u$  в точке  $M(1; 1; -2)$  его длину и направление, если  $u = \ln(2x + y) + x^3 y z^2$ .
5. Найти экстремумы функции  $z = x^2 + xy + y^2 - 6x - 9y$ .

### Вариант 4.

1. Найти  $dz$  если  $z = \ln(y + \sqrt{x^2 + y})$ .
2. Найти  $\frac{\partial z}{\partial u}$  и  $\frac{\partial z}{\partial v}$  если  $z = \sin^2(2x + 3y)$ , где  $x = \frac{u+1}{v}$ ,  $y = u \cos v$ .
3. Найти производную функции  $u = e^{3x - \sin \pi y}$  в точке  $M(-1; 0)$  в направлении идущем из точки  $M$  в точку  $N(3; 4)$ .
4. Найти  $\operatorname{grad} u$  в точке  $M(2; 2; 1)$  его длину и направление, если  $u = \ln(x^2 + y^2 - z^2 + 1)$ .
5. Найти экстремумы функции  $z = 4x - 4y - x^2 - y^2$ .

## Раздел 6. Примеры вопросов к контрольной работе № 5. Контрольная работа содержит 5 вопросов по 4 балла за вопрос.

### Вариант 1

Изменить порядок интегрирования:

1.  $\int_{-1}^1 dx \int_{-\sqrt{1-x^2}}^{1-x^2} f(x; y) dy$ .

2.  $\int_1^e dy \int_{\ln y}^{e+1-y} f(x, y) dx$

Вычислить:

3.  $\iint_D (2x - y) dx dy$ ,  $D: y = x^2; y = x; x = 2$ .

4.  $\iint_D (1 + \frac{y^2}{x^2}) dx dy$ ,  $D: x^2 + y^2 \geq \pi; x^2 + y^2 \leq 4\pi; y \geq 0; y \leq x$ .

5. Найти площадь области, ограниченной линиями:  $x + y^2 = 1$ ;  $y + 2x + 1 = 0$ .

### Вариант 2

Изменить порядок интегрирования:

$$1. \int_{-1}^1 dy \int_{y^2-1}^{1-y^2} f(x; y) dx.$$

$$2. \int_0^1 dx \int_{2x}^{\sqrt{5-x^2}} f(x, y) dy$$

Вычислить:

$$3. \iint_D (x-y) dx dy, \quad D: \quad y = 2 - x^2; y = 2x - 1; x \geq 0.$$

$$4. \iint_D \frac{dx dy}{x^2 + y^2 + 1}, \quad D: \quad x^2 + y^2 \leq 1; x \geq 0.$$

$$5. \text{Найти площадь области, ограниченной линиями: } x + y = 1; \quad x - 1 = 0; \quad y = e^x.$$

### Вариант 3

Изменить порядок интегрирования:

$$1. \int_0^1 dx \int_x^{2-x^2} f(x; y) dy.$$

$$2. \int_0^3 dy \int_4^{\sqrt{25-y^2}} f(x, y) dx$$

Вычислить:

$$3. \iint_D (x+2y) dx dy, \quad D: \quad y = x; 2y = x; x = 2.$$

$$4. \iint_D (x^2 + y^2) dx dy, \quad D: \quad x^2 + y^2 \leq 2x.$$

$$5. \text{Найти площадь области, ограниченной линиями: } y^2 = 1 + x; \quad y - x + 1 = 0.$$

### Вариант 4

Изменить порядок интегрирования:

$$1. \int_0^2 dy \int_{2-y}^{4-y^2} f(x; y) dx$$

$$2. \int_0^1 dx \int_{-\sqrt{2x-x^2}}^{\sqrt{2x}} f(x, y) dy$$

Вычислить:

$$3. \iint_D (x+y) dx dy, \quad D: \quad y = x; y + x = 4; x = 0.$$

$$4. \iint_D \sqrt{x^2 + y^2} dx dy, \quad D: \quad x^2 + y^2 \geq 1; x^2 + y^2 \leq 4.$$

$$5. \text{Найти площадь области, ограниченной линиями: } y = 2 - x^2; \quad y = x; \quad x \geq 0.$$

**Раздел 7. Примеры вопросов к контрольной работе № 6. Контрольная работа содержит 5 вопросов по 4 балла за вопрос.**

### Вариант 1

1. Вычислить:  $\int_l (x^2 - y^2)dx + xydy$ , если  $l$ : прямая АВ, А(1;1), В(3;4)
2. Вычислить по формуле Грина:  $\oint_C xydx + y^2dy$ , если  $C: x^2 + y^2 = 4$
3. Вычислить:  $\iint_D (x - y)dx dy$ , если  $D: x + y = 2; y = x; y = 0$
4. Вычислить по формуле Грина:  $\oint_C x^2 y dx - xy^2 dy$ , если  $C: x^2 + y^2 = 1$
5. Вычислить:  $\int_{(0;0)}^{(2;2)} (y^2 + 2xy)dx + (2xy + x^2)dy$

### Вариант 2

1. Вычислить:  $\int_l 2xydx - x^2 dy$ , если  $l: x = 2y^2$  от точки О(0;0) до точки А(2;1)
2. Вычислить по формуле Грина:  $\oint_C 2xydy - y^2 dx$ , если  $C: x^2 + y^2 = R^2$
3. Вычислить:  $\int_l \frac{dx}{y^2} + x^2 dy$ , если  $l: y = \frac{1}{x}$  от точки А(1;1) до точки В(4;1/4)..
4. Вычислить по формуле Грина:  $\oint_C x^3 dx + xydy$ , если  $C: x^2 + y^2 = R^2$
5. Вычислить:  $\int_{(1;2)}^{(3;4)} \frac{y}{x} dx + (y + \ln x)dy$

### Вариант 3

1. Вычислить:  $\int_l x^2 dx + \frac{dy}{y^2}$ ,  $l: y = \frac{1}{x}$  от точки А(1;1) до точки В(5;1/5)
2. Вычислить по формуле Грина:  $\oint_C (x + 2y^3)dx + (3y^2 - y)dy$ , если  $C: x^2 + y^2 = 1$
3. Вычислить:  $\int_l \cos^3 x dx + ydy$ , если  $l: y = \sin x$  от точки А(0;0) до точки  $B\left(\frac{\pi}{2}; 1\right)$ .
4. Вычислить по формуле Грина:  $\oint_C (x + 2x^2)dx - (3x^3 + y)dy$ , если  $C: x^2 + y^2 = 4$
5. Вычислить:  $\int_{(2;3)}^{(3;4)} (6xy^2 + 2x^3)dx + (6x^2 y + 3y^2)dy$

## 3 СЕМЕСТР

**Раздел 8. Примеры вопросов к контрольной работе № 7. Контрольная работа содержит 5 вопросов по 4 балла за вопрос.**

**Вариант № 1**

- 1)  $(\sqrt{xy} - x)dy + ydx = 0, y(1) = 1$
- 2)  $y' - y \operatorname{tg} x = \frac{1}{\cos^3 x}$
- 3)  $(e^x \sin y + x)dx + (e^x \cos y + y)dy = 0$
- 4)  $2x + 2xy^2 + \sqrt{2 - x^2} y' = 0$
- 5)  $(1 - x^2 y)dx + x^2(y - x)dy = 0$

**Вариант № 3**

- 1)  $xy' - y + \sqrt{x^2 + y^2} = 0, y(1) = 0$
- 2)  $xy' + y - e^x = 0$
- 3)  $\frac{3x^2}{\sqrt{y}} dx + \left( \ln y - \frac{x^3}{2\sqrt{y^3}} \right) dy = 0$
- 4)  $(1 + e^x)yy' = e^x$
- 5)  $(x^2 \cos x - y)dx + xdy = 0$

**Вариант № 2**

- 1)  $y' = \frac{\frac{y}{x} e^{\frac{y}{x}} + y}{x}, y(1) = 0$
- 2)  $y' - y \operatorname{tg} x = \frac{1}{\cos x}$
- 3)  $\frac{y}{x} dx + (y^3 + \ln x) dy = 0$
- 4)  $2xdx - ydy = yx^2 dy - xy^2 dx$
- 5)  $(2e^x + y^4)dy - ye^x dx = 0$

**Вариант № 4**

- 1)  $y' = \frac{x + y}{x - y}, y(1) = 0$
- 2)  $xy'(x - 1) + y = x^2(2x - 1)$
- 3)  $(x \cos 2y + 1)dx - x^2 \sin 2y dy = 0$
- 4)  $3(x^2 y + y)dy + \sqrt{2 + y^2} dx = 0$
- 5)  $(y + \ln x)dx - xdy = 0$

**Раздел 9, 10. Примеры вопросов к контрольной работе № 8. Контрольная работа содержит 5 вопросов 4 балла за вопрос.**

**Вариант № 1**

1.  $4y^3 y'' = y^4 - 1; y(0) = \sqrt{2}; y'(0) = \frac{1}{2\sqrt{2}}.$
2.  $y'' x \ln x = y'$
3.  $y'' - 4y' + 4y = -e^{2x} \sin 6x$
4.  $y'' - 2y' + y = e^x \ln x$
5.  $\begin{cases} x' = x - 3y, \\ y' = 3x + y. \end{cases}$

**Вариант № 2**

1.  $y'' + 2 \sin y \cos^3 y = 0; y(0) = 0; y'(0) = 1$
2.  $y'' - y' = 2x + 3;$
3.  $y'' - 2y' + 2y = (6x - 11)e^{-x}$
4.  $y'' + 4y = \frac{1}{\cos 2x}$

$$5. \begin{cases} x' + x - 8y = 0, \\ y' - x - y = 0. \end{cases}$$

### Вариант № 3

$$1. y'' \cdot y^3 + 49 = 0, y(3) = -7; y'(3) = -1.$$

$$2. y'' \cdot \operatorname{ctg} 2x + 2y' = 0$$

$$3. y'' + 2y' = 6e^x (\sin x + \cos x);$$

$$4. y'' - 2y' + y = 3e^x \sqrt{x-1}.$$

$$5. \begin{cases} x' = -7x + y, \\ y' = -5y - 2x. \end{cases}$$

### Вариант № 4

$$1. y'' + 8 \sin y \cdot \cos^3 y = 0, y(0) = 0; y'(0) = 2.$$

$$2. y'' + \frac{2x}{x^2 + 1} y' = 2x$$

$$3. y'' + 3y' + 2y = (1 - 2x)e^{-x}$$

$$4. y'' + 16y = \operatorname{ctg} 4x$$

$$5. \begin{cases} x' = 2y - 3x, \\ y' = y - 2x. \end{cases}$$

**Раздел 11. Примеры вопросов к контрольной работе № 9. Контрольная работа содержит 5 вопросов по 4 балла за вопрос.**

### Вариант 1.

Исследовать ряды на сходимость

$$1. \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sqrt[4]{n^3}}{\sqrt{n^3 + 3}}.$$

$$2. \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(3n+2) \cdot \ln^2(3n+2)}.$$

Исследовать на абсолютную и условную сходимость

$$3. \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{n}{(n+1)(n+2)(n+3)}.$$

$$4. \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2n+1}{n^2+1}.$$

5. Найти область сходимости степенного ряда:  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-7)^{2n}}{4^n \cdot \sqrt{n(n+1)}}$

### Вариант 2.

Исследовать ряды на сходимость

1.  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4n-3}{\sqrt{2n^3+1}}$ .

2.  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{10n+1}{(3n+2)!}$ .

Исследовать на абсолютную и условную сходимость

3.  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{2n+1}{2^n}$ .

4.  $\sum_{n=2}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2}{n \ln n}$ .

5. Найти область сходимости степенного ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+5)^n}{(n+1) \cdot \ln(n+1)}$

### Вариант 3.

Исследовать ряды на сходимость

1.  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4n+7}{3n^3+n}$ .

2.  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(8n-3) \cdot \sqrt{\ln(8n-3)}}$ .

Исследовать на абсолютную и условную сходимость

3.  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{3n+2}{5^n}$ .

4.  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{5n+1}{\sqrt{4n^3+7}}$ .

5. Найти область сходимости степенного ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n (x-3)^n}{5^n \cdot (n+1)}$

### Вариант 4.

Исследовать ряды на сходимость

1.  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4^{n-1}}{5n-2}$ .

$$2. \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sqrt{\operatorname{arccctg}(3n+2)}}{1+(3n+2)^2}.$$

Исследовать на абсолютную и условную сходимость

$$3. \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{7n+3}{n(9n+2)}.$$

$$4. \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{\ln(n+1)}.$$

$$5. \text{ Найти область сходимости степенного ряда } \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+2)^n}{(4n+1) \cdot 4^n}$$

#### 4 СЕМЕСТР

**Раздел 12. Примеры вопросов к контрольной работе № 10. Контрольная работа содержит 5 вопросов по 6 баллов за вопрос.**

##### Вариант 1

- 1) Сколько четырехзначных чисел, делящихся на 5, можно составить из цифр  $\{0,1,4,5,9\}$ , если каждое число не должно содержать одинаковых цифр?
- 2) В цехе работают 6 мужчин и 4 женщины. По табельным номерам наудачу отобрали 7 человек. Найти вероятность того, что среди отобранных лиц окажутся 3 женщины.
- 3) Три стрелка стреляют по одной мишени. Первый попадает с вероятностью  $p_1 = 0,8$ , второй –  $p_2 = 0,7$ , третий –  $p_3 = 0,6$ . Найти вероятность того, что при одном залпе в мишень попадет хотя бы один стрелок.
- 4) В первой коробке находится 20 батареек для фонарика, из них 18 годных к употреблению. Во второй коробке – 10 батареек, из них – 9 годных. Из второй коробки наудачу взяли 2 батарейки и переложили в первую. Найти вероятность того, что батарейка, наудачу извлеченная из первой коробки, будет годной.
- 5) Вероятность попадания мячом в корзину для данного баскетболиста равна 0,8. Игрок делает три броска. Какова вероятность того, что все три раза он попал?

##### Вариант 2

- 1) Игральная кость подбрасывается один раз. Найти вероятность того, что число выпавших очков кратно трем.
- 2) Из водоема, в котором находится 10 рыб, вылавливают 6 рыб, помечают и выпускают их обратно. Найти вероятность того, что второй улов того же объема содержит 4 меченые рыбы.
- 3) В урне 12 шаров, из которых 7 белых. Наудачу вытаскивается один шар, а затем возвращается обратно в урну. Найти вероятность хотя бы одного извлечения белого шара, если шар извлекали дважды.
- 4) В пирамиде установлены 15 винтовок, 10 из них снабжены оптическим прицелом. При стрельбе из винтовки с оптическим прицелом вероятность поражения мишени – 0,9, а при стрельбе из обычной винтовки – 0,7. Какова вероятность того, что стрелок поразил мишень из наудачу взятой винтовки? Найти также вероятность того, что мишень поражена из винтовки с оптическим прицелом.
- 5) Вероятность появления события в каждом из 3000 независимых испытаний равна 0,75. Найти вероятность того, что событие появится не менее 1480 раз.

**Раздел 12. Примеры вопросов к контрольной работе № 11. Контрольная работа содержит 5 вопросов по 6 баллов за вопрос.**

**Вариант 1**

1) Случайная величина  $\xi$  имеет ряд распределения:

|       |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\xi$ | -4  | -2  | 0   | 1   | 2   |
| $p$   | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,1 |

Найти математическое ожидание  $M[\xi]$ , дисперсию  $D[\xi]$ , функцию распределения  $F(x)$ .

2) В ящике 7 белых шаров и 3 черных. Наудачу берут 2 шара. Случайная величина  $\xi$  – число черных шаров среди взятых. Построить вероятностный ряд для  $\xi$ . Найти ее  $M[\xi]$  и  $D[\xi]$ .

3) Плотность распределения вероятностей случайной величины  $\xi$  имеет вид:

$$f(x) = \begin{cases} 2(x-1), & x \in [1; 2] \\ 0, & x \notin [1; 2] \end{cases}$$

Найти: функцию распределения вероятностей  $F(x)$  и ее график,  $M[\xi]$ ,  $D[\xi]$ ,  $P(1,5 < \xi < 3)$ .

4) Случайная величина  $\xi$  распределена равномерно на  $[1; 7]$ . Написать  $f(x)$  и  $F(x)$ . Найти  $M[\xi]$  и  $D[\xi]$ . Вычислить  $P(0 \leq \xi \leq 4)$ .

5) Случайная величина  $\xi$  распределена нормально с математическим ожиданием  $M[\xi] = 0$  и дисперсией  $D[\xi] = 3$ . Написать функцию плотности распределения вероятностей  $f(x)$  и вычислить  $P(-1 \leq \xi \leq 3)$ .

**Вариант 2**

1) Случайная величина  $\xi$  имеет ряд распределения:

|       |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\xi$ | 1   | 3   | 4   | 6   | 7   |
| $p$   | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,1 |

Найти математическое ожидание  $M[\xi]$ , дисперсию  $D[\xi]$ , функцию распределения  $F(x)$

2) В ящике 6 белых шаров и 4 черных. Наудачу берут 2 шара. Случайная величина  $\xi$  – число черных шаров среди взятых. Построить вероятностный ряд для  $\xi$ . Найти ее  $M[\xi]$  и  $D[\xi]$ .

3) Плотность распределения вероятностей случайной величины  $\xi$  имеет вид:

$$f(x) = \begin{cases} 2 - \frac{x}{2}, & x \in [2; 4] \\ 0, & x \notin [2; 4] \end{cases}$$

Найти: функцию распределения вероятностей  $F(x)$  и ее график,  $M[\xi]$ ,  $D[\xi]$ ,  $P(3 < \xi < 5)$ .

4) Случайная величина  $\xi$  распределена нормально с математическим ожиданием  $M[\xi] = 0$  и дисперсией  $D[\xi] = 4$ . Написать функцию плотности распределения вероятностей  $f(x)$  и вычислить  $P(-2 \leq \xi \leq 4)$

5) Случайная величина  $\xi$  распределена равномерно на  $[2; 10]$ . Написать  $f(x)$  и  $F(x)$ . Найти  $M[\xi]$  и  $D[\xi]$ . Вычислить  $P(1 \leq \xi \leq 5)$ .

**Раздел 13. Примеры вопросов к контрольной работе № 12. Контрольная работа содержит 4 вопроса по 10 баллов за вопрос.**

**Вариант 1**

1. По заданной выборке

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 45 | 46 | 58 | 59 | 47 | 55 | 58 | 46 | 45 |
| 38 | 40 | 41 | 62 | 43 | 61 | 40 | 42 | 50 |
| 58 | 41 | 51 | 44 | 47 | 47 | 47 |    |    |

- 1) составить вариационный ряд;
- 2) вычислить относительные частоты;
- 3) построить полигон относительных частот;
- 4) составить эмпирическую функцию распределения;
- 5) построить график эмпирической функции распределения;
- 6) найти оценки математического ожидания, дисперсии и среднеквадратичного отклонения ( $\bar{x}_e, D_e, \sigma = \sqrt{D_e}, S^2, S = \sqrt{S^2}$ ).

2. По заданной выборке

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1,0 | 1,1 | 1,3 | 0,9 | 1,2 | 1,1 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

- 1) составить вариационный ряд;
- 2) построить доверительные интервалы при  $\gamma = 0,95$  для
  - а) математического ожидания при известной дисперсии  $\sigma = S$ ;
  - б) математического ожидания при неизвестной дисперсии;
  - в) среднеквадратичного отклонения.

3. По двум независимым выборкам, объемы которых  $n = 12$  и  $m = 16$ , извлеченным из нормальных генеральных совокупностей  $X$  и  $Y$  с неизвестными дисперсиями, найдены исправленные дисперсии:  $s_x^2 = 9,52$  и  $s_y^2 = 4,1$ . При уровне значимости  $0,05$  проверить гипотезу  $H_0 : D[X] = D[Y]$  при конкурирующей гипотезе  $H_1 : D[X] > D[Y]$ .

4. Средняя производительность машины составляет 200 единиц/час, с  $\sigma = \sqrt{D[\xi]} \sigma = 20$  единиц/час. Предложено усовершенствование машины. Произведено 9 опытов на усовершенствованных образцах, средняя производительность составила 215 единиц/час. С уровнем значимости  $\alpha = 0,01$  проверьте, значимо ли повышение производительности.

**Вариант 2**

1. По заданной выборке

|    |    |   |    |    |    |    |    |    |
|----|----|---|----|----|----|----|----|----|
| 7  | 4  | 9 | 13 | 9  | 9  | 13 | 9  | 11 |
| 11 | 11 | 5 | 12 | 9  | 10 | 15 | 14 | 10 |
| 10 | 12 | 8 | 10 | 11 | 10 | 4  |    |    |

- 1) составить вариационный ряд;
- 2) вычислить относительные частоты;
- 3) построить полигон относительных частот;
- 4) составить эмпирическую функцию распределения;
- 5) построить график эмпирической функции распределения;
- 6) найти оценки математического ожидания, дисперсии и среднеквадратичного отклонения ( $\bar{x}_e, D_e, \sigma = \sqrt{D_e}, S^2, S = \sqrt{S^2}$ ).

2. По заданной выборке

2,0    2,1    2,5    1,9    2,3    2,4    2,2    2,3

- 1) составить вариационный ряд;
- 2) построить доверительные интервалы при  $\gamma = 0,95$  для
  - а) математического ожидания при известной дисперсии  $\sigma = S$ ;
  - б) математического ожидания при неизвестной дисперсии;
  - в) среднеквадратичного отклонения.
3. Автомат, работающий со стандартным отклонением  $\sigma = 1$  г, фасует чай в пачки со средним весом  $a = 100$  г. В случайной выборке объемом  $n = 25$  пачек средний вес  $\bar{X} = 101,5$  г. Надо ли отрегулировать автомат? Доверительная вероятность  $\gamma = 0,95$ .
4. Средняя производительность машины составляет 200 единиц/час, с  $\sigma = \sqrt{D[\xi]} = 18$  единиц/час. Предложено усовершенствование машины. Произведено 10 опытов на усовершенствованных образцах, средняя производительность составила 200 единиц/час. С уровнем значимости  $\alpha = 0,01$  проверьте, значимо ли повышение производительности.

## **8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины**

**(1 семестр – зачет с оценкой, 2 семестр – экзамен, 3 семестр – экзамен, 4 семестр - зачет)**

### **8.2.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачет с оценкой)**

Билет для зачета с оценкой включает контрольные вопросы по разделам 1-4 рабочей программы дисциплины и содержит 8 вопросов. 1 вопрос – 5 баллов, 2 вопрос – 5 баллов, 3 вопрос – 5 баллов, 4 вопрос – 5 баллов, 5 вопрос – 5 баллов, 6 вопрос – 5 баллов, 7 вопрос – 5 баллов, 8 вопрос – 5 баллов.

1. Векторы: координаты, проекция вектора на ось, направляющие косинусы.
2. Линейные операции над векторами.
3. Скалярное и Векторное произведение двух векторов, их свойства.
4. Смешанное произведение трех векторов и его свойства.
5. Прямая на плоскости. Различные виды уравнения прямой на плоскости.
6. Кривые второго порядка.
7. Уравнение плоскости.
8. Уравнение прямой в пространстве.
9. Комплексные числа, действия с комплексными числами.
10. Многочлены. Основная теорема алгебры. Разложение многочлена на множители.
11. Рациональные дроби. Разложение рациональных дробей на сумму простейших дробей.
12. Матрицы, операции над матрицами.
13. Элементарные преобразования строк матрицы.
14. Приведение матрицы к ступенчатому виду и виду Гаусса.
15. Ранг матрицы. Ранг системы векторов.
16. Определитель квадратной матрицы, его свойства, методы вычисления.
17. Обратная матрица: свойства, способы построения.
18. Совместность и определенность системы линейных алгебраических уравнений. Теорема Кронекера-Капелли.
19. Решение систем линейных алгебраических уравнений с помощью обратной матрицы.
20. Решение систем линейных алгебраических уравнений с помощью правила Крамера.

21. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса.
22. Линейная однородная система алгебраических уравнений, ее фундаментальная система решений. Связь решений линейных однородных и неоднородных систем.
23. Собственные значения, собственные векторы матрицы.
24. Присоединенные векторы матрицы.
25. Последовательность. Предел числовой последовательности. Функция. Способы задания функции.
26. Предел функции в точке. Односторонние пределы. Предел функции на бесконечности.
27. Непрерывность функции. Точки разрыва функции и их классификация.
28. Производная функции: определение, геометрический смысл.
29. Правила вычисления производной.
30. Производная сложной функции.
31. Производные высших порядков.
32. Дифференцируемость функции. Теоремы о связи дифференцируемости с непрерывностью и с существованием производной.
33. Дифференциал функции и его геометрический смысл. Инвариантность формы первого дифференциала.
34. Раскрытие неопределенностей (правило Лопиталя).
35. Исследование функции: область определения, четность (нечетность), точки пересечения с координатными осями, промежутки знакопостоянства, непрерывность, точки разрыва.
36. Асимптоты графика функции.
37. Достаточные условия монотонности функции.
38. Достаточные условия экстремумов функции.
39. Достаточные условия выпуклости, вогнутости, точки перегиба графика функции.
40. Общая схема исследования функции и построение графика.
41. Первообразная. Неопределенный интеграл. Теорема об общем виде первообразных.
42. Основные свойства неопределенного интеграла.
43. Таблица основных интегралов.
44. Методы интегрирования: табличный, разложения.
45. Интегрирование подведением под знак дифференциала.
46. Интегрирование с помощью замены переменной.
47. Определенный интеграл: определение, свойства.
48. Формула Ньютона - Лейбница.
49. Вычисление определенного интеграла с помощью замены переменной.
50. Некоторые приложения определенного интеграла.
51. Интегралы с бесконечными пределами: определения, свойства.

### **8.2.2. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – экзамен)**

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 5-7 рабочей программы дисциплины и содержит 8 вопросов. 1 вопрос – 5 баллов, 2 вопрос – 5 баллов, 3 вопрос – 5 баллов, 4 вопрос – 5 баллов, 5 вопрос – 5 баллов, 6 вопрос – 5 баллов, 7 вопрос – 5 баллов, 8 вопрос – 5 баллов.

1. Функции нескольких переменных: область определения, линии уровня, геометрическая интерпретация.
2. Предел функции в точке, частные производные первого и второго порядков функции нескольких переменных.
3. Частные производные первого порядка.
4. Частные производные второго порядка.
5. Полный дифференциал (для функции двух переменных).
6. Производная сложной функции.
7. Производная функции по направлению.
8. Градиент функции и его свойства.
9. Экстремумы функции двух переменных: необходимое и достаточное условия экстремума.
10. Условный экстремум (метод множителей Лагранжа).
11. Наибольшее и наименьшее значения функции в замкнутой области.

### **8.2.3. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – экзамен)**

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 8-11 рабочей программы дисциплины и содержит 8 вопросов. 1 вопрос – 5 баллов, 2 вопрос – 5 баллов, 3 вопрос – 5 баллов, 4 вопрос – 5 баллов, 5 вопрос – 5 баллов, 6 вопрос – 5 баллов, 7 вопрос – 5 баллов, 8 вопрос – 5 баллов.

1. Дифференциальные уравнения: определения, порядок, решение, общее решение.
2. Примеры задач, приводящих к дифференциальным уравнениям.
3. Дифференциальные уравнения первого порядка с разделяющимися переменными.
4. Однородные дифференциальные уравнения первого порядка.
5. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка.
6. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка с переменными коэффициентами: свойства решений, структура общего решения.
7. Линейные однородные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами (метод Эйлера).
8. Линейные неоднородные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами (метод вариации).
9. Линейные неоднородные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами. Метод подбора в случае правой части вида квазимногочлена.
10. Основные уравнения математической физики.
11. Числовые ряды: основные понятия, свойства сходящихся рядов.
12. Необходимый признак сходимости.
13. Гармонический ряд. Ряды Дирихле.
14. Признаки сравнения рядов с положительными членами.
15. Признак Даламбера.
16. Интегральный и радикальный признаки Коши.
17. Знакопередающие ряды: признак Лейбница.
18. Знакопередающие ряды: абсолютная и условная сходимости.
19. Признак абсолютной сходимости.

20. Свойства абсолютно и условно сходящихся рядов.
21. Степенные ряды: радиус, интервал, область сходимости.
22. Свойства степенных рядов.
23. Ряды Тейлора и Маклорена: свойства, основные разложения.
24. Разложение функции в ряд Маклорена с помощью основных разложений.
25. Ряды Фурье: определение, свойства.
26. Разложение периодической функции в ряд Фурье.
27. Разложение непериодической функции в ряд Фурье.

#### 8.2.4. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (4 семестр – зачет)

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### 8.3. Структура и примеры билетов для экзамена

#### 1 СЕМЕСТР

Зачет с оценкой по дисциплине «Математика» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1-4 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 8 вопросов, относящихся к указанным разделам.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| «Утверждаю»<br>Зав. Кафедрой высшей математики<br><br>_____ Рудаковская Е.Г.<br>«__» _____ 20__ г.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Кафедра высшей математики</b>                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>18.03.01 Химическая технология</b>                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Математика</b>                                                           |
| <b>БИЛЕТ № 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                             |
| 1. Теорема о свойствах интеграла с переменным верхним пределом.<br>2. Свойства пределов, связанные с неравенствами.<br>3. Вычислить $\lim_{x \rightarrow 0} (1-x)^{7/x}$<br>4. $y = \operatorname{arccotg} \ln x \cdot \operatorname{ctg} 5^x$ , $y' = ?$<br>5. Найти интервалы возрастания и убывания функции $y = 2x^3 - 21x^2 - 48x + 8$<br>6. Найти $\int \frac{(x+2)dx}{(x-1)(x+8)}$<br>7. Вычислить $\int_{-2}^0 (x^2 + 2)e^{x/2} dx$<br>8. Вычислить $\int_{\pi}^{2\pi} \frac{1 - \cos x}{(x - \sin x)^2} dx$ |                                                                             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| «Утверждаю»<br>Зав. Кафедрой высшей математики<br><br>_____ Рудаковская Е.Г.<br>«__» _____ 20__ г.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Министерство науки и высшего образования РФ                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Кафедра высшей математики                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 18.03.01 Химическая технология                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Математика                                                           |
| <b>БИЛЕТ № 2</b><br>1. Необходимое и достаточное условие существования асимптот функции (с док.).<br>2. Приложение определенных интегралов.<br>3. Вычислить: $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\operatorname{tg} x}{2x}$<br>4. $y = \log_3(5x^2 - 3)$ , $y' = ?$<br>5. Найти интервалы выпуклости и вогнутости функции $y = 3x^3 - 5x^2 + 2$<br>6. Найти: $\int \frac{x}{x^2 + 9} dx$<br>7. Найти: $\int \operatorname{ctg} x dx$<br>8. Вычислить площадь фигуры, ограниченной линиями: $S = ?$ , $y = x^3$ , $x = 1$ , $y = 0$ |                                                                      |

## 2 СЕМЕСТР

Экзамен по дисциплине «Математика» проводится во 2 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 5-7 рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 8 вопросов, относящихся к указанным разделам.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| «Утверждаю»<br>Зав. Кафедрой высшей математики<br><br>_____ Рудаковская Е.Г.<br>«__» _____ 20__ г.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Министерство науки и высшего образования РФ                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Кафедра высшей математики                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 18.03.01 Химическая технология                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Математика                                                           |
| <b>БИЛЕТ № 1</b><br>1. Теорема о производной сложной функции нескольких переменных (с док-вом).<br>2. Формула для вычисления площади области D: $a \leq x \leq b, y_1(x) \leq y \leq y_2(x)$<br>3. Найти $\frac{\partial z(A)}{\partial \bar{l}}$ , если $z = (2x - 1)y^2 + \frac{y}{x}$ , $\bar{l} = (3; 4)$ , $A(1; 2)$<br>4. Найти $\overline{\operatorname{grad} z}(M)$ , если $z = y^3 \sin 2x$ , $M\left(\frac{\pi}{4}; 2\right)$<br>5. Изменить порядок интегрирования: $\int_{-1}^0 dx \int_{-2x}^2 f(x; y) dy$<br>6. Вычислить интеграл: $\iint_D (2 - x) dx dy$ , $D: y + x = 2, y = x, x = 2$ . |                                                                      |

7. Вычислить работу силы  $\vec{F} = (2y - x)\vec{i} + (2y + x)\vec{j}$  при перемещении точки по прямой от точки A(0;3) до точки B(1;5).
8. Вычислить интеграл по формуле Грина:  

$$\oint_C (5x + 2xy)dx + (4y - 2x^2)dy, C : x = 0, y = 1, y = x.$$

|                                                                                                                                                                        |                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <p>«Утверждаю»<br/> Зав. Кафедрой высшей математики</p> <p>_____ Рудаковская Е.Г.<br/> «__» _____ 20__ г.</p>                                                          | <b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>                          |
|                                                                                                                                                                        | <b>Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева</b> |
|                                                                                                                                                                        | <b>Кафедра высшей математики</b>                                            |
|                                                                                                                                                                        | <b>18.03.01 Химическая технология</b>                                       |
|                                                                                                                                                                        | <b>Математика</b>                                                           |
| <b>БИЛЕТ № 2</b>                                                                                                                                                       |                                                                             |
| 1. Теорема о среднем значении для двойного интеграла (с доказательством вом).                                                                                          |                                                                             |
| 2. Дифференциал второго порядка функции $z = f(x, y)$ .                                                                                                                |                                                                             |
| 3. Найти полную производную $\frac{dz}{dt}$ , если $z = \ln(e^{2t} + 4\sqrt{x} - \sin y)$ и $x = t \operatorname{tg} t, y = ct \operatorname{tg} t$ .                  |                                                                             |
| 4. Найти $\frac{\partial z(A)}{\partial l}$ , если $z = (2x - 1)y^2 + \frac{y}{1+x}, \vec{l} = (3;4), A(1;2)$                                                          |                                                                             |
| 5. Изменить порядок интегрирования: $\int_0^1 dx \int_0^x f(x; y) dy + \int_1^2 dx \int_0^{2-x} f(x; y) dy$                                                            |                                                                             |
| 6. Вычислить интеграл: $\iint_D (x+1) dx dy, D : y + x = 2, y = x, x = 2$ .                                                                                            |                                                                             |
| 7. Вычислить работу силы $\vec{F} = (3y - 2x)\vec{i} + (x + 2y)\vec{j}$ при перемещении точки вдоль дуги параболы $y = 5x - 2x^2 + 1$ от точки A(0;1) до точки B(1;4). |                                                                             |
| 8. Вычислить: $\int_{A(1;0)}^{B(3;2)} (6x - 2y)dx + (3y - 2x)dy$ .                                                                                                     |                                                                             |

### 3 СЕМЕСТР

Экзамен по дисциплине «Математика» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 8-11 рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 8 вопросов, относящихся к указанным разделам.

|                                                                                                               |                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <p>«Утверждаю»<br/> Зав. Кафедрой высшей математики</p> <p>_____ Рудаковская Е.Г.<br/> «__» _____ 20__ г.</p> | <b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>                          |
|                                                                                                               | <b>Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева</b> |
|                                                                                                               | <b>Кафедра высшей математики</b>                                            |
|                                                                                                               | <b>18.03.01 Химическая технология</b>                                       |
|                                                                                                               | <b>Математика</b>                                                           |
| <b>БИЛЕТ № 1</b>                                                                                              |                                                                             |

|                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Построение общего решения ЛОДУ II-го порядка с постоянными коэффициентами в случае кратных корней характеристического уравнения (случай $D=0$ ) (с доказательством). |
| 2. Сформулировать теорему существования и единственности решения ДУ I-го порядка.                                                                                       |
| 3. Определение суммы и сходимости числового ряда. Перечислить свойства сходящихся рядов.                                                                                |
| 4. Решить дифференциальное уравнение:<br>$(\cos y + y \cdot \sin x)dx + (2y - x \cdot \sin y - \cos x)dy = 0$                                                           |
| 5. Решить задачу Коши: $y'' \cdot \cos x = 2y' \cdot \sin x$ , $y(0) = -1$ ; $y'(0) = 1$                                                                                |
| 6. Решить дифференциальное уравнение: $5y'' - y' = 5 - 2x$                                                                                                              |
| 7. Исследовать знакочередующийся ряд на абсолютную и условную сходимость:<br>$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{4^n + 1}$                                           |
| 8. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+1)^n}{\sqrt[3]{2n+1}}$                                                                       |

|                                                                                                                    |                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| «Утверждаю»<br>Зав. Кафедрой высшей математики<br><br>_____ Рудаковская Е.Г.<br>«__» _____ 20__ г.                 | <b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>                          |
|                                                                                                                    | <b>Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева</b> |
|                                                                                                                    | <b>Кафедра высшей математики</b>                                            |
|                                                                                                                    | <b>18.03.01 Химическая технология</b>                                       |
|                                                                                                                    | <b>Математика</b>                                                           |
| <b>БИЛЕТ № 2</b>                                                                                                   |                                                                             |
| 1. Знакопередающие ряды. Доказать признак Лейбница.                                                                |                                                                             |
| 2. ДУ основные понятия: порядок, частное решение, общее решение, общий интеграл, задача Коши.                      |                                                                             |
| 3. ДУ в полных дифференциалах. Формулировка аналитического признака полного дифференциала.                         |                                                                             |
| 4. Решить дифференциальное уравнение: $xy' - y = x \cdot \operatorname{tg} \frac{y}{x}$                            |                                                                             |
| 5. Решить задачу Коши: $y'' \cdot y^3 + 1 = 0$ , $y(0) = 1$ , $y'(0) = 1$                                          |                                                                             |
| 6. Решить дифференциальное уравнение: $y'' - 2y' + y = 2x(1-x)$                                                    |                                                                             |
| 7. Исследовать числовой ряд на сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n+1}{7+3n}$                                  |                                                                             |
| 8. Найти область сходимости степенного ряда:<br>$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot (x-2)^n}{\sqrt{n+11}}$ |                                                                             |

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

### 9.1. Рекомендуемая литература.

#### А) Основная литература:

1. «Сборник задач по высшей математике» (часть 1), Письменный Д.Т., Лунгу К.Н. –М., изд. «Айрис», 2010 г. – 576 с.: ил. – (Высшее образование).
2. «Сборник задач по высшей математике» (часть 2), Письменный Д.Т., Лунгу К.Н. –М., изд. «Айрис», 2010 г. – 592 с.: ил. – (Высшее образование).
3. «Конспект лекций по высшей математике», Письменный Д.Т. –М., изд. «Айрис», 2010 г. – 608 с.: ил. – (Высшее образование).
4. Салимов Р.В. Математика для студентов строительных и технических специальностей: уч. пособие, Лань, 2018, 364 с.
5. Теория вероятностей и математическая статистика. [Электронный ресурс]: учебник для прикладного бакалавриата: Электронная копия / В. Е. Гмурман. - 12-е изд. - М.: Юрайт, 2014. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
6. Фролов А.Н. Краткий курс ТВ и МС, уч. пособие, Лань, 2017, 304 с.

#### Б) Дополнительная литература:

1. Дифференциальное и интегральное исчисление функции одной переменной. Рудаковская Е.Г., Рушайло М.Ф., Меладзе М.А., Гордеева Е.Л., Осипчик В.В. / Учебное пособие под ред. Рудаковской Е.Г., Рушайло М.Ф.: –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2012. –108 с.
2. Дифференциальное и интегральное исчисление функции одной переменной (примеры и задачи). Рудаковская Е.Г., Аверина О.В., Воронов С.М., Старшова Т.Н., Хлынова Т.В., Ригер Т.В. /Учебное пособие под ред. Рудаковской Е.Г., –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2013. –132 с.
3. Дифференциальное и интегральное исчисление функции многих переменных (теория и практика): учебное пособие / Е. Г. Рудаковская, Рушайло М.Ф., Шайкин А.Н., Меладзе М.А., Арсанукаев З.З., Воронов С.М. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. –120 с.
4. Обыкновенные дифференциальные уравнения: конспект лекций по высшей математике: учебное пособие / сост.: Е. М. Четчикова, В. М. Азриэль, Е. Ю. Напеденина. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 64 с.
5. Обыкновенные дифференциальные уравнения и системы (примеры и задачи). Рудаковская Е.Г. Рушайло М.Ф., Хлынова Т.В., Ригер Т.В., Казанчян М.С., Ситин А.Г. /Учебное пособие под ред. Рудаковской Е.Г., Рушайло М.Ф., –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2013. –116 с.
6. Ряды. Теория и практика. Рудаковская Е.Г., Арсанукаев З.З., Меладзе М.А., Напеденин Ю.Т. /Учебное пособие. –М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2011. –72 с.
7. Дифференциальное и интегральное исчисление функции многих переменных. Рудаковская Е.Г., Рушайло М.Ф., Напеденина Е.Ю., Меладзе М.А, Хлынова Т.В. /Учебное пособие под ред. Рудаковской Е.Г., Рушайло М.Ф.: –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2012. –92 с.
8. Дифференциальное и интегральное исчисление функции многих переменных (примеры и задачи). Рудаковская Е.Г., Меладзе М.А, Хлынова Т.В., Шайкин А.Н., Ригер Т.В., /Учебное пособие под ред. Рудаковской Е.Г., Шайкина А.Н.: –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2012. –108 с.
9. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. [Электронный ресурс]: учебное пособие для прикладного бакалавриата: Электронная копия / В. Е. Гмурман. - 11-е изд. - М.: Юрайт, 2014. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
10. Теория вероятностей и математическая статистика. Рудаковская Е.Г., Рушайло М.Ф., Старшова Т.Н., Аверина О.В., Гордеева Е.Л., Изотова С.А. /Учебное пособие под ред. Рушайло М.Ф., Рудаковской Е.Г., –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2012. –136 с.

11. Сборник расчетных работ по высшей математике. Том I. Дифференциальное и интегральное исчисление функции одной и нескольких переменных. Элементы алгебры. Рудаковская Е.Г., Рушайло М.Ф., Осипчик В.В., Старшова Т.Н., Ригер Т.Ф., Меладзе М.А., Бурухина Т.Ф., Шайкин А.Н., Иншакова К.А. /Учебное пособие в 3-х томах под ред. Рудаковской Е.Г.: –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2016. –148 с.
12. Сборник расчетных работ по высшей математике. Том II. Обыкновенные дифференциальные уравнения и системы. Рудаковская Е.Г., Рушайло М.Ф., Осипчик В.В., Аверина О.А., Чечеткина Е.И., Напеденина Е.Ю., Напеденин Ю.Т., Иншакова К.А. /Учебное пособие в 3-х томах под ред. Рудаковской Е.Г.: –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2016. –120 с.
13. Сборник расчетных работ по высшей математике. Том III. Теория вероятностей и математическая статистика. Рудаковская Е.Г., Напеденина Е.Ю., Осипчик В.В., Напеденин Ю.Т., Орлова В.Л., Шайкин А.Н., Иншакова К.А. /Учебное пособие в 3-х томах под ред. Рудаковской Е.Г.: –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2017. –124 с.

## **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации.**

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации.
- Комплекс обучающих программ.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://kvm.muctr.ru/> – сайт кафедры высшей математики.

## **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – <https://moodle.muctr.ru/>, (общее число слайдов – 1280);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (50 вариантов на каждую контрольную точку, всего 12 контрольных работ, общее число вариантов – 600);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (50 билетов для итогового контроля, всего 3 итоговые аттестации, общее число билетов – 150).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета,

которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Математика» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, оборудованные традиционными учебными досками и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Учебно-методические пособия, разработанные на кафедре высшей математики, выложены на сайте кафедры <http://kvm.muctr.ru> и на сайте библиотеки РХТУ имени Д.И.Менделеева <https://lib.muctr.ru>.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Персональные компьютеры, принтеры, сканер и копировальный аппарат используются для подготовки раздаточных материалов.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине, комплекты контрольных и экзаменационных билетов.

Учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

| <b>№ п.п.</b> | <b>Наименование программного продукта</b> | <b>Реквизиты договора поставки</b> | <b>Срок окончания действия лицензии</b> |
|---------------|-------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
|               | WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine      | Контракт № 62-64ЭА/2013            | бессрочно                               |
| 2.            | Micosoft Office Standard 2013             | Контракт № 62-64ЭА/2013            | бессрочная                              |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                            |                                       |                                                                                               |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Microsoft Office Professional Plus 2019<br>В составе:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul> | Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020 | 12 месяцев<br>(ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта) |
| 4 | Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.                                                                                                                                                                                     | Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020 | 12 месяцев<br>(ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта) |

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

### Формы и методы контроля и оценки результатов освоения разделов

| Наименование разделов                                                          | Основные показатели оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Формы и методы контроля и оценки                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>1 семестр</b>                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                            |
| <b>Раздел 1.</b><br>Элементы алгебры.<br>Аналитическая геометрия на плоскости. | Знает:<br>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.<br>Умеет:<br>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.<br>Владеет:<br>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации. | Оценка за контрольную работу № 1 (1 семестр)<br>Оценка на зачете с оценкой |

|                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Раздел 2.</b><br/>Функция одной переменной.<br/>Предел функции.<br/>Непрерывность функции.</p> | <p><b>Знает:</b><br/>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p> <p><b>Умеет:</b><br/>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p> <p><b>Владеет:</b><br/>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p> | <p>Оценка за контрольную работу № 1 (1 семестр)<br/>Оценка на зачете с оценкой</p> |
| <p><b>Раздел 3.</b><br/>Дифференциальное исчисление функции одной переменной.</p>                    | <p><b>Знает:</b><br/>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p> <p><b>Умеет:</b><br/>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p> <p><b>Владеет:</b><br/>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p> | <p>Оценка за контрольную работу № 2 (1 семестр)<br/>Оценка на зачете с оценкой</p> |
| <p><b>Раздел 4.</b><br/>Интегральное исчисление функции одной переменной.</p>                        | <p><b>Знает:</b><br/>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>Оценка за контрольную работу № 3 (1 семестр)<br/>Оценка на зачете с оценкой</p> |

|                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                | <p>основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p> <p>Умеет:</p> <p>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p> <p>Владеет:</p> <p>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p>                                                                                                                                          |                                                                               |
| <b>2 семестр</b>                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                               |
| <b>Раздел 5.</b><br>Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных. | <p>Знает:</p> <p>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p> <p>Умеет:</p> <p>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p> <p>Владеет:</p> <p>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p> | <p>Оценка за контрольную работу № 4 (2 семестр)</p> <p>Оценка на экзамене</p> |
| <b>Раздел 6.</b><br>Кратные интегралы                                          | <p>Знает:</p> <p>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>Оценка за контрольную работу № 5 (2 семестр)</p> <p>Оценка на экзамене</p> |

|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                                                                         | <p>Умеет:<br/>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p> <p>Владеет:<br/>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p>                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                            |
| <p><b>Раздел 7.</b><br/>Криволинейные и поверхностные интегралы.</p>    | <p>Знает:<br/>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p> <p>Умеет:<br/>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p> <p>Владеет:<br/>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p> | <p>Оценка за контрольную работу № 6 (2 семестр)<br/>Оценка на экзамене</p> |
| <b>3 семестр</b>                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                            |
| <p><b>Раздел 8.</b><br/>Дифференциальные уравнения первого порядка.</p> | <p>Знает:<br/>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p> <p>Умеет:<br/>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>Оценка за контрольную работу № 7 (3 семестр)<br/>Оценка на экзамене</p> |

|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                         | <p>использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p> <p>Владеет:</p> <p>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                               |
| <p><b>Раздел 9.</b><br/>Дифференциальные уравнения второго порядка.</p> | <p>Знает:</p> <p>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p> <p>Умеет:</p> <p>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p> <p>Владеет:</p> <p>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p> | <p>Оценка за контрольную работу № 8 (3 семестр)</p> <p>Оценка на экзамене</p> |
| <p><b>Раздел 10.</b><br/>Системы дифференциальных уравнений.</p>        | <p>Знает:</p> <p>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p> <p>Умеет:</p> <p>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>Оценка за контрольную работу № 8 (3 семестр)</p> <p>Оценка на экзамене</p> |

|                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                    | <p>основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p> <p>Владеет:</p> <p>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           |
| <p><b>Раздел 11.</b></p> <p>Числовые и функциональные ряды.</p>                                    | <p>Знает:</p> <p>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p> <p>Умеет:</p> <p>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p> <p>Владеет:</p> <p>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p> | <p>Оценка за контрольную работу № 9 (3 семестр)</p> <p>Оценка на экзамене</p>                             |
| <b>4 семестр</b>                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                           |
| <p><b>Раздел 12.</b></p> <p>Теория вероятностей. Случайные величины и их законы распределения.</p> | <p>Знает:</p> <p>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.</p> <p>Умеет:</p> <p>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.</p>                                                                                                                                                                        | <p>Оценка за контрольную работу № 10 (4 семестр)</p> <p>Оценка за контрольную работу № 11 (4 семестр)</p> |

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                               |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                                                 | Владеет:<br>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                               |
| <b>Раздел 13.</b><br>Математическая статистика. | Знает:<br>основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений; математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей; основы применения математических моделей и методов.<br>Умеет:<br>выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи; использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов; использовать основные методы статистической обработки данных; применять математические знания на междисциплинарном уровне.<br>Владеет:<br>основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации. | Оценка за контрольную работу № 12 (4 семестр) |

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«\_\_\_\_\_Математика\_\_\_\_\_»

основной образовательной программы

\_\_18.03.01\_\_ «\_\_\_\_\_Химическая технология \_\_\_\_\_»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«\_\_\_\_\_»

наименование ООП

Форма обучения: \_\_\_\_очная\_\_\_\_

| Номер<br>изменения/<br>дополнения | Содержание дополнения/изменения | Основание внесения<br>изменения/дополнения                            |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1                                 |                                 | протокол заседания<br>Ученого совета №<br>_____от «__»<br>_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания<br>Ученого совета №<br>_____от «__»<br>_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания<br>Ученого совета №<br>_____от «__»<br>_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания<br>Ученого совета №<br>_____от «__»<br>_____20__г. |
|                                   |                                 | протокол заседания<br>Ученого совета №<br>_____от «__»<br>_____20__г. |



РХТУ им. Д.И. Менделеева  
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Комарницкая Елена Анатольевна  
Проректор по образованию,  
Ректорат

Подписан: 06:08:2025 12:07:32