

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный  
университет им. Н.И. Лобачевского»**

**Институт биологии и биомедицины**

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 г. № 6

## **Рабочая программа дисциплины (модуля)**

### **Физическая и коллоидная химия**

Уровень высшего образования

**Бакалавриат**

Направление подготовки / специальность

**05.03.06 Экология и природопользование**

Профиль подготовки

**экология**

Квалификация (степень)

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Нижегород  
2023 год начала подготовки

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД   |
|------------|--|---|
|            | Блок Б1 обязательная часть                                 | Дисциплина Б1.О.17 Физическая и коллоидная является обязательной дисциплиной в ООП направления 05.03.06 Экология и природопользование |

Целью освоения дисциплины «Физическая и коллоидная химия» является теоретическая и практическая подготовка студентов по фундаментальным основам физической, коллоидной химии и химии высокомолекулярных соединений, формирование естественнонаучного базиса их мировоззрения для использования этих знаний в процессе дальнейшего обучения и практике профессиональной деятельности.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| Формируемые компетенции<br>(код, содержание компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции   |  | Наименование оценочного средства  |
|--|---|--|---|
|  | Индикатор достижения компетенции*<br>(код, содержание индикатора)   | Результаты обучения по дисциплине**  |   |
| ОПК-6. Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные | ОПК-6.1 Знает:<br>- основные концепции и методы, современные направления математики, физики, химии и наук о Земле, актуальные проблемы биологических наук и перспективы междисциплинарных исследований; | <i>Знает:</i> основы современных теорий в области физической и коллоидной химии и способы их применения для решения теоретических и практических задач   | <i>Коллоквиум, собеседование, Тест Практические задачи Задания к лабораторным работам</i> |
|  | ОПК-6.2 Умеет:<br>- использовать навыки лабораторной работы и методы химии, физики, математического моделирования и математической статистики в профессиональной деятельности;                          | <i>Умеет</i> рассчитывать термодинамические параметры и важнейшие характеристики процессов, химических реакций, состояний химического и фазового равновесия для гомогенных и гетерогенных систем; применять знание основных физико-химических и коллоидных свойств растворов к биологическим системам и происходящим в них процессам; уметь обсуждать результаты физико-химических исследований, ориентироваться в результатах физико-химических |   |

|  |  |  |                                     |
|--|--|--|-------------------------------------|
| и<br>информационные<br>технологии  |  | исследований,<br>ориентироваться в<br>современной литературе по<br>физической и коллоидной<br>химии  |                                     |
|  | ОПК-6.3 Владеет:<br>- методами статистического<br>оценивания и проверки<br>гипотез, прогнозирования<br>перспектив и социальных<br>последствий своей<br>профессиональной<br>деятельности.   | <i>Владеет</i> методами<br>исследования и приобрести<br>экспериментальные навыки<br>работы с оборудованием<br>лаборатории физической и<br>коллоидной химии; владеть<br>способностью и готовностью<br>использовать основные законы<br>физической и коллоидной<br>химии дисциплин в<br>профессиональной<br>деятельности, способностью<br>применять их при обсуждении<br>полученных результатов |                                     |
| ОПК-8. Способен<br>использовать<br>методы сбора,<br>обработки,<br>систематизации и<br>представления<br>полевой и<br>лабораторной<br>информации,<br>применять навыки<br>работы с<br>современным<br>оборудованием,<br>анализировать<br>полученные<br>результаты. | ОПК-8.1 Знает:<br>- основные типы<br>экспедиционного и<br>лабораторного оборудования,<br>особенности выбранного<br>объекта профессиональной<br>деятельности, условия его<br>содержания и работы с ним с<br>учетом требований биоэтики; | <i>Знает</i> правила и принципы<br>работы лабораторного<br>оборудования, необходимого<br>для проведения работ по<br>физической и коллоидной<br>химии, правила представления<br>результатов лабораторных<br>исследований и составления по<br>ним отчета   | Отчет по<br>лабораторным<br>работам |
|  | ОПК-8.2 Умеет:<br>- анализировать и критически<br>оценивать развитие научных<br>идей, на основе имеющихся<br>ресурсов составить план<br>решения поставленной задачи,<br>выбрать и модифицировать<br>методические приемы;               | <i>Умеет</i> составить отчет по<br>лабораторным исследованиям,<br>включающий представление и<br>анализ экспериментальных<br>данных.  |                                     |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | <p>ОПК-8.3 Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками использования современного оборудования в полевых и лабораторных условиях, способностью грамотно обосновать поставленные задачи в контексте современного состояния проблемы, способностью использовать математические методы оценивания гипотез, обработки экспериментальных данных, математического моделирования биологических процессов и адекватно оценить достоверность и значимость полученных результатов, представить их в широкой аудитории и вести дискуссию.</li> </ul> | <p>Владеет навыками составления отчетов по лабораторным исследованиям, включающий представление и анализ экспериментальных данных</p> |  |
|--|--|---|--|

### 3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  |                             |
|--|-----------------------------|
|  | <b>очная форма обучения</b> |
| <b>Общая трудоемкость</b>                      | <b>2 ЗЕТ</b>                |
| <b>Часов по учебному плану</b>                 | <b>72</b>                   |
| <b>в том числе</b>                             |                             |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> | <b>49</b>                   |
| - занятия лекционного типа                     | <b>24</b>                   |
| - лабораторные работы                          | <b>24</b>                   |
| <b>самостоятельная работа</b>                  | <b>23</b>                   |
| <b>КСР</b>                                     | <b>1</b>                    |
| <b>Промежуточная аттестация – зачет</b>        |                             |

#### 3.2 Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),<br><br>форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Всего (часы) | В том числе  |                            |       |                                  |
|--|--------------|--|----------------------------|-------|----------------------------------|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |                            |       | Самостоятельная работа учащегося |
|  |              | Занятия лекционного типа   | Занятия практического типа | Всего |                                  |
| Тема 1<br>Задачи химической термодинамики. Первое начало термодинамики   | 6            | 4  |                            | 4     | 2                                |

|  |    |   |   |    |   |
|--|----|---|---|----|---|
| Тема 2<br>Второе начало термодинамики. Химическое равновесие | 5  | 4 |   | 4  | 1 |
| Тема 3<br>Термодинамика растворов                            | 5  | 4 |   | 4  | 2 |
| Коллоквиум по темам 1-3                                      | 5  |   | 1 | 1  | 4 |
| Тема 4<br>Растворы электролитов                              | 5  | 4 |   | 4  | 2 |
| Тема 5<br>Химическая кинетика, катализ                       | 13 | 4 | 7 | 12 | 2 |
| Тема 6<br>Основы коллоидной химии                            | 13 | 2 | 7 | 10 | 3 |
| Тема 7<br>Высокомолекулярные соединения                      | 15 | 2 | 8 | 12 | 3 |
| Коллоквиум по темам 4-7                                      | 5  |   | 1 | 1  | 4 |
| В т.ч. текущий контроль                                      | 1  |   |   |    |   |
| <b>Промежуточная аттестация – зачет</b>                      |    |   |   |    |   |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках лабораторных занятий и проведения коллоквиумов. Промежуточный контроль осуществляется при проведении зачета.

### **3.1. Содержание дисциплины**

#### **Тема 1. Задачи химической термодинамики. Первое начало термодинамики.**

Основные понятия и определения. Первое начало термодинамики. Процессы равновесные, неравновесные, обратимые, необратимые. Энтальпия. Закон Гесса. Следствия из закона Гесса. Термохимические уравнения. Реакции образования. Энтальпия образования. Стандартные условия. Расчет энтальпий химических реакций с помощью таблиц. Теплоемкость. Зависимость энтальпии реакции от температуры.

#### **Тема 2. Второе начало термодинамики. Химическое равновесие.**

Второе начало термодинамики. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Понятие энтропии, ее статистическое и термодинамическое определение. Формулировки второго начала термодинамики. Энтропия смешения газов. Расчет изменения энтропии в химических реакциях и при фазовых переходах. Правило Трутона. Функция Гиббса и функция Гельмгольца, их физический смысл. Понятие химического потенциала. Учение о химическом равновесии. Признаки химического равновесия. Уравнение изотермы химической реакции. Закон действующих масс. Константа равновесия  $K_p$ ,  $K_c$ . Связь между константой равновесия и функцией Гиббса. Принцип Ле-Шателье–Брауна. Применение второго начала термодинамики к биологическим процессам.

#### **Тема 3. Термодинамика растворов.**

Определение понятия "раствор". Виды растворов. Причины образования. Роль сольватации. Влияние на взаимную растворимость химической природы веществ, агрегатного состояния, температуры, давления, присутствия других веществ. Способы выражения состава раствора. Растворимость газов в жидкости. Закон Генри. Уравнение Сеченова. Закон распределения Нернста. Коллигативные свойства растворов неэлектролитов. Понижение давления паров (Закон Рауля). Эбулиоскопия и криоскопия. Осмос и осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа. Изотонические, гипертонические и гипотонические растворы. Роль осмоса в биологических системах.

#### **Тема 4. Растворы электролитов.**

Растворы электролитов. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса. Сольватация ионов. Степень диссоциации. Слабые и сильные электролиты. Константа диссоциации слабого электролита. Закон разведения Оствальда. Особенности коллигативных свойств растворов электролитов. Изотонический коэффициент. Диссоциация воды. Константа диссоциации и ионное произведение воды. Водородный показатель. Отклонение сильных электролитов от закона разведения. Современные представления о

свойствах сильных электролитов. Понятие об активности электролитов и коэффициентах активности. Ионная сила раствора. Произведение растворимости.

### **Тема 5. Химическая кинетика.**

Задачи химической кинетики. Скорость химической реакции, методы ее определения. Основной закон химической кинетики, константа скорости. Кинетический порядок и молекулярность реакций. Кинетические уравнения односторонних реакций нулевого, первого и второго порядков. Период полураспада. Влияние температуры на скорость химической реакции. Эмпирическое правило Вант-Гоффа. Энергия активации. Уравнение Аррениуса. Понятие о гомогенном и гетерогенном катализе. Катализаторы. Специфичность и избирательность катализаторов. Промоторы и каталитические яды. Представление о механизме действия катализаторов. Ферментативный катализ.

### **Тема 6. Основы коллоидной химии.**

Степень дисперсности. Классификация дисперсных систем по дисперсности, агрегатному состоянию фаз, по характеру взаимодействия дисперсной фазы с дисперсионной средой. Получение коллоидно-дисперсных систем, их оптические свойства: опалесценция, эффект Фарадея–Тиндала, окраска. Поверхностные явления на границе раздела фаз (адсорбция, хемосорбция, капиллярная конденсация). Поверхностная активность. Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Классификация ПАВ. Биологические ПАВ (белки, липиды). Значение ПАВ. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы седиментации и протекания. Строение мицелл в гидрофобных коллоидных системах. Устойчивость дисперсных систем. Коагуляция лиофобных зольей. Использование коагуляции для очистки воды.

### **Тема 7. Высокомолекулярные соединения.**

Особенности полимерного состояния вещества. Способы получения ВМС. Важнейшие представители полимеров. Молекулярная масса полимеров. Растворы ВМС. Набухание. Вязкость растворов ВМС. Особенности использования коллигативных свойств растворов для определения молекулярной массы полимера. Осмотическое давление растворов ВМС. Осмометрия как метод определения молекулярной массы полимеров. Мембранное равновесие Доннана. Амфотерные полиэлектролиты. Изoeлектрическая точка. Высаливание белков.

## ***3.2. Лабораторный практикум***

| № | Номер раздела дисциплины | Наименование лабораторной работы                                |
|---|--------------------------|---|
| 1 | 5                        | Изучение скорости химической реакции                            |
| 2 | 6                        | Получение коллоидных растворов и определение размеров их частиц |
| 3 | 6                        | Электрофорез  |
| 4 | 7                        | Изoeлектрическая точка полиамфолита                             |

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: выполнение во время лабораторных работ практических заданий, написание тестов.

На проведение практических занятий в форме практической подготовки отводится 24 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

**Практических навыков** в соответствии с направленностью программы.

Выполнение научно-исследовательских задач профессиональной деятельности:

- Участие в планировании, проведении и представлении результатов фундаментальных и практических научных исследований по актуальным проблемам в соответствующей области знания

## **Компетенций**

**ОПК-6.** Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии

**ОПК-8.** Способен использовать методы сбора, обработки, систематизации и представления полевой и лабораторной информации, применять навыки работы с современным оборудованием, анализировать полученные результаты.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках лабораторных занятий

### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к устному опросу, контрольным работам, темам лабораторных работ.

Отчеты по лабораторным работам представляют собой отчетный документ о работе студента в течение семестра. Наличие отчетов, зачтенных преподавателем, ведущего лабораторные занятия, является необходимым условием допуска к сдаче зачета по дисциплине. Это также один из эффективных методов познания, так как именно в процессе написания отчета студент детально и вдумчиво анализирует полученные в ходе выполнения лабораторной работы результаты, проводит качественный и количественный анализ, формулирует вывод о проделанной работе, что способствует лучшему усвоению материала, развивает у студентов внимание и наблюдательность.

#### **Требования к оформлению отчетов по лабораторным работам:**

Все отчеты должны быть оформлены в форме единого документа (в одной тетради). В каждом отчете должны быть приведены название работы, ее цель, теоретическая часть, содержащая основные принципы применяемых в работе методов, используемое оборудование и материалы, подробно изложен ход работы. Отчет при необходимости должен быть проиллюстрирован рисунками, таблицами, подписи и разъяснения к иллюстрациям должны быть подробными и понятными без привязки к тексту отчета. Отчеты, включающие какие-либо вычисления, должны включать расчетные формулы, первичные данные, расчет требуемых величин по собственным первичным данным. Вывод должен быть развернутым и содержать объяснение полученных результатов.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относится следующее:

- Устный опрос
- Коллоквиум по темам разделов 1-3
- Коллоквиум по темам разделов 3-7
- Проверка отчетов по темам лабораторных занятий

Вопросы к устному опросу и коллоквиумам представлены в п.6.4 рабочей программы.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **зачета**.

**5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

#### **5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций  |  |   |   |   |  |   |
|--|--|--|---|---|---|--|---|
|  | плохо  | неудовлетворительно  | удовлетворительно   | хорошо  | очень хорошо  | отлично  | превосходно   |
|  | не зачтено   |  | зачтено   |   |   |  |   |
| <u>Знания</u>  | Отсутствие знаний теоретического материала.<br><br>Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований.<br>Имели место грубые ошибки.                              | Минимально допустимый уровень знаний.<br>Допущено много негрубых ошибок.  | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.<br>Допущено несколько негрубых ошибок  | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.<br>Допущено несколько несущественных ошибок                                    | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.   | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.  |
| <u>Умения</u>  | Отсутствие минимальных умений .<br>Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа                 | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.<br><br>Имели место грубые ошибки. | Продemonстрированы основные умения.<br>Решены типовые задачи с негрубыми ошибками.<br>Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения.<br>Решены все основные задачи с негрубыми ошибками.<br>Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения.<br>Решены все основные задачи .<br>Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения, Решены все основные задачи.<br>Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u>  | Отсутствие владения материалом.<br>Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа                | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.<br><br>Имели место грубые ошибки.  | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами   | Продemonстрированы базовые навыки<br><br>при решении стандартных задач с некоторыми недочетами  | Продemonстрированы базовые навыки<br><br>при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.  | Продemonстрированы навыки<br><br>при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.   | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач   |

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет проводится в устной форме в виде заданий теоретического курса. Студент должен дать полный и развернутый ответ.



К зачету допускаются обучающиеся, выполнившие все лабораторные работы на момент сдачи зачета, имеющие зачетный преподавателем, ведущим лабораторные занятия.

Для проведения промежуточного контроля сформированности компетенции используется: ответ по билету на зачете.

| Отметка    | Уровень подготовки   |
|------------|--|
| Зачтено    | Достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта, хорошее знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета. Студент активно работал на лабораторных занятиях, чему подтверждением является высокий средний балл за текущую успеваемость и оценки за коллоквиумы*. |
| Не зачтено | Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дал ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент посещал лабораторные занятия, но имеет очень низкие средний балл за текущую успеваемость и оценки за коллоквиумы.  |

\*информация предоставляется преподавателем, ведущим лабораторные занятия.

Оформление результатов лабораторных работ проводится в виде отчета.

### 5.2.1 Контрольные вопросы

| Вопрос  | Код формируемой компетенции |
|---|-----------------------------|
| 1. Термодинамика. Термодинамические системы. Классификация систем   | ОПК-6                       |
| 2. Параметры термодинамической системы. Термодинамические процессы  | ОПК-6                       |
| 3. Понятие о внутренней энергии, теплоте и работе. Математическое выражение первого закона термодинамики  | ОПК-6                       |
| 4. Первый закон термодинамики для изохорного и изобарного процесса. Понятие об энтальпии  | ОПК-6                       |
| 5. Тепловой эффект химической реакции, теплота образования химического вещества. Теплота сгорания химического вещества  | ОПК-6                       |
| 6. Термохимия. Закон Гесса и следствия из него  | ОПК-6                       |
| 7. Энтропия. Направление химических реакций. Второе начало термодинамики  | ОПК-6                       |
| 8. Термодинамические потенциалы, определяющие самопроизвольное протекание реакций. Энергия Гесса  | ОПК-6                       |
| 9. Компонент, фаза, число термодинамических степеней свободы системы. Правило фаз Гиббса  | ОПК-6                       |
| 10. Однокомпонентные системы. Системы гомогенные и гетерогенные. Диаграмма состояния воды   | ОПК-6                       |
| 11. Теплота растворения: молярная. Удельная. Механизм растворения твердых веществ   | ОПК-6                       |
| 12. Выделение теплоты при растворении некоторых твердых веществ. Сольватная теория Д.И. Менделеева  | ОПК-6                       |
| 13. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри. Факторы, определяющие растворимость газов в жидкостях   | ОПК-6                       |
| 14. Растворимость жидкостей в жидкостях. Закон распределения. Экстракция  | ОПК-6                       |
| 15. Коллигативные свойства растворов. Диффузия. Осмос. Осмотическое давление растворов  | ОПК-6                       |
| 16. Если целый маринованный помидор поместить в дистиллированную воду, то он через некоторое время лопается. Почему? Плазмолиз. Тургор. Биологическое значение осмоса | ОПК-6                       |
| 17. Давление насыщенного пара над раствором. Закон Рауля. Идеальные растворы. Отклонения от закона Рауля  | ОПК-6                       |
| 18. Законы Коновалова. Азеотропные смеси. Перегонка. Фракционная перегонка. Ректификация  | ОПК-6                       |
| 19. Понижение температуры замерзания растворов. Криоскопическая константа. Криоскопия. Антифриза  | ОПК-6                       |
| 20. Повышение температуры кипения растворов. Эбулиоскопическая константа.   | ОПК-6                       |

|  |       |
|--|-------|
| Эбулиоскопия   |       |
| 21. Растворы электролитов. Изотонический коэффициент   | ОПК-6 |
| 22. Основные понятия химической кинетики. Кинетические уравнения. Кинетические кривые  | ОПК-6 |
| 23. Влияние концентрации на скорость химической реакции. Закон действующих масс. Физический смысл константы. Скорость реакции  | ОПК-6 |
| 24. Порядок и молекулярность реакции. Реакции I, II порядков   | ОПК-6 |
| 25. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа  | ОПК-6 |
| 26. Уравнение Аррениуса. Физический смысл энергии активации. Энергетическая диаграмма химической реакции   | ОПК-6 |
| 27. Катализаторы. Катализ. Виды катализа. Энергетическая диаграмма химической реакции. Механизм гомогенного катализа. Влияние катализатора на энергию активации $E_a$ реакции  | ОПК-6 |
| 28. Гетерогенный катализ, его стадии. Применение катализа, его стадии. Применение катализа. Ингибиторы. Антиоксиданты  | ОПК-6 |
| 29. Особенности ферментативного катализа. Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен  | ОПК-6 |
| 30. Применение ферментативного катализа в пищевой промышленности (по отраслям)   | ОПК-6 |
| 31. Обратимость химических реакций. Химическое равновесие. Смещение равновесия. Принцип Ле-Шателье   | ОПК-6 |
| 32. Дисперсные системы. Классификация дисперсных систем по разным признакам  | ОПК-6 |
| 33. Поверхностная энергия. Явление сорбции. Адсорбция и абсорбция  | ОПК-6 |
| 34. Адсорбтив. Адсорбент. Назовите вещества, наиболее часто употребляемые в качестве адсорбента. Удельная поверхность адсорбента. Единицы ее измерения   | ОПК-6 |
| 35. Адсорбция газов твердыми адсорбентами. Зависимость адсорбции газов от разных факторов. Изотермы адсорбции Гиббса   | ОПК-6 |
| 36. Принципиальное отличие химической адсорбции от физической  | ОПК-6 |
| 37. Основные положения мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Изотерма адсорбции. Определение константы уравнения Ленгмюра   | ОПК-6 |
| 38. Поверхностная активность молекул ПАВ. Механизм действия ПАВ. Правило Дюкло-Траубе  | ОПК-6 |
| 39. Молекулярная адсорбция из растворов. Уравнение Френдлиха. Определение констант уравнения Френдлиха   | ОПК-6 |
| 40. Правило уравнения поверхностей Ребиндера. Какие адсорбенты (полярные или неполярные) следует выбирать для очистки питьевой воды от фенола?   | ОПК-6 |
| 41. Влияние размеров пор адсорбента на его адсорбционную способность. Обращение правила Дюкло-Траубе при адсорбции на неполярных адсорбентах органических веществ из водных растворов. Какие адсорбенты (полярные или неполярные) следует выбирать для получения абсолютного спирта, т.е. для извлечения из спирта следов воды | ОПК-6 |
| 42. Примеры адсорбционных процессов в технологии пищевых производств. Хроматография, ее применение в теххимическом контроле пищевых производств  | ОПК-6 |
| 43. Адсорбция ионов на поверхности кристаллических веществ. Правило Фаянса-Панета  | ОПК-6 |
| 44. Смачивание. Угол смачивания. Флотация. Эффект Ребиндера  | ОПК-6 |
| 45. Методы получения коллоидных систем: диспергирование, конденсация   | ОПК-6 |
| 46. Очистка коллоидных систем. Диализ. Ультрафильтрация. Применение этих процессов в пищевой промышленности  | ОПК-6 |
| 47. Оптические свойства коллоидных систем. Эффект Тиндаля. Опалесценция  | ОПК-6 |
| 48. Молекулярно-кинетические свойства коллоидных систем. Диффузия и осмос в золях. Седиментация  | ОПК-6 |
| 49. Строение мицеллы золя на примере. Адсорбционный и диффузионный слои ионов. Потенциалопределяющие ионы и противоионы. Падение потенциала в Д.Э.С. мицеллы   | ОПК-6 |
| 50. Строение двойного электрического слоя. Причины возникновения Д.Э.С. Поверхностный и электрокинетический потенциалы; изменение потенциала с изменением расстояния от поверхности  | ОПК-6 |
| 51. Что называют электрокинетическим потенциалом? Как определить дзетапотенциал частиц золя экспериментально? Факторы, влияющие на электрокинетический потенциал   | ОПК-6 |

|   |       |
|---|-------|
| 52. Электрокинетические явления. Электрофорез. Электроосмос. Причины электрокинетических явлений; их применение   | ОПК-6 |
| 53. Виды устойчивости коллоидных систем: агрегативная, седиментационная (кинетическая). Факторы, обеспечивающие кинетическую устойчивость золей. Лиотропные ряды                        | ОПК-6 |
| 54. Коагуляция золей. Факторы, вызывающие коагуляцию. Порог коагуляции. Коагулирующая способность ионов   | ОПК-6 |
| 55. Концентрационная нейтрализованная коагуляция; изменение поверхностного и электрокинетического потенциала. Изоэлектрическое состояние золя   | ОПК-6 |
| 56. Свободно- и связнодисперсные системы. Механизм процесса гелеобразования. Тиксотропия и синерезис в пищевых продуктах. Пептизация  | ОПК-6 |
| 57. Коллоидные ПАВ. Строение мицелл коллоидных ПАВ в водных растворах   | ОПК-6 |
| 58. Моющее действие коллоидных ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (К.К.М.). Солюбилизация   | ОПК-6 |
| 59. Общая характеристика микрогетерогенных систем   | ОПК-6 |
| 60. Суспензии. Агрегативная устойчивость суспензий. Стабилизатор суспензий. Пасты. Примеры суспензий в пищевой промышленности   | ОПК-6 |
| 61. Эмульсии. Классификация эмульсий: а) по концентрации частиц дисперсионной фазы; б) по полярности дисперсионной фазы и дисперсионной среды   | ОПК-6 |
| 62. Эмульгаторы. Эмульгаторы в пищевой специальности. Обращение фаз эмульсий  | ОПК-6 |
| 63. Изобразите адсорбционно-сольватный слой, который образуют на поверхности капельки ПАВ: а) в случае прямой эмульсии; б) в случае обратной эмульсии. Пищевые продукты – эмульсии      | ОПК-6 |
| 64. Пены. Пищевые продукты, имеющие структуру пены. Стабилизаторы пен. Пеногасители   | ОПК-6 |
| 65. Аэрозоли. Классификация аэрозолей по разным признакам. Взрывоопасность. Методы разрушения аэрозолей. Применение аэрозолей   | ОПК-6 |
| 66. Порошки. Текучесть порошков. Пищевые продукты, имеющие структуру порошков   | ОПК-6 |
| 67. Набухание полимеров. Стадии набухания. Теплота и давления набухания. Растворы В.М.С. Сходство и различие растворов В.М.С. с коллоидными и истинными растворами, коацервация, студни | ОПК-6 |

### **5.2.2 Примерный перечень вопросов (устный опрос, коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:**

1. Процессы равновесные, неравновесные, обратимые, необратимые.
2. Закон Гесса, следствия из закона Гесса.
3. Зависимость энтальпии реакции от температуры.
4. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Понятие энтропии, ее статистическое и термодинамическое определение.
5. Функция Гиббса и функция Гельмгольца, их физический смысл.
6. Признаки химического равновесия.
7. Причины образования.
8. Коллигативные свойства растворов неэлектролитов.
9. Осмос и осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа.
10. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса.
11. Диссоциация воды. Константа диссоциации и ионное произведение воды. Водородный показатель.
12. Понятие об активности электролитов и коэффициентах активности.
13. Основной закон химической кинетики, константа скорости.
14. Кинетический порядок и молекулярность реакций.
15. Влияние температуры на скорость химической реакции.
16. Катализаторы. Специфичность и избирательность катализаторов.
17. Классификация дисперсных систем по дисперсности, агрегатному состоянию фаз, по характеру взаимодействия дисперсной фазы с дисперсионной средой.
18. Поверхностные явления на границе раздела фаз (адсорбция, хемосорбция, капиллярная

конденсация)

19. Классификация ПАВ. Биологические ПАВ (белки, липиды). Значение ПАВ.
20. Устойчивость дисперсных систем. Коагуляция лиофобных золей.
21. Способы получения ВМС.
22. Растворы ВМС. Набухание. Вязкость растворов ВМС.
23. Мембранное равновесие Доннана.

**5.2.3 Примеры тестовых вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-6:**

В каком из следующих процессов реакция неосуществима при любых температурах:

- 1)  $\Delta H > 0, \Delta S > 0$
- 2)  $\Delta H > 0, \Delta S < 0$
- 3)  $\Delta H < 0, \Delta S < 0$
- 4)  $\Delta H < 0, \Delta S > 0$

Функции состояния системы это

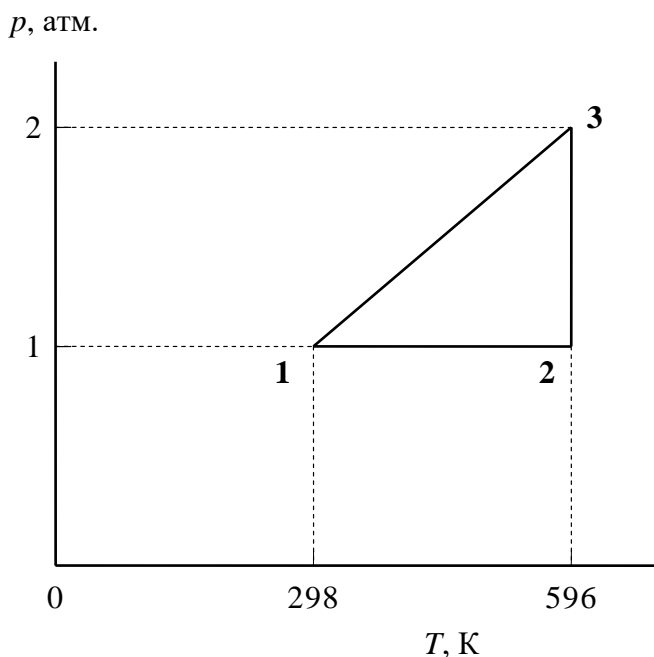
- 1) внутренняя энергия и энтропия
- 2) теплота и работа
- 3) энтропия и теплота
- 4) работа и энтальпия

Термодинамическая функция, которая характеризует меру упорядоченности системы или меру беспорядка, называется:

- 1) энтропией
- 2) энтальпией
- 3) внутренней энергией
- 4) функцией Гиббса

**Примерный перечень заданий для оценки сформированности знаний компетенций ОПК-6:**

1. Один моль одноатомного идеального одноатомного газа проведен через обратимый цикл, показанный на рисунке. Заполните пустые места в таблице, приведенной ниже.



| Стадия | Характер процесса | $q$ , кал | $W$ , кал | $\Delta U$ , кал | $\Delta H$ , кал |
|--------|-------------------|-----------|-----------|------------------|------------------|
| 1 → 2  |                   |           |           |                  |                  |
| 2 → 3  |                   |           |           |                  |                  |
| 3 → 1  |                   |           |           |                  |                  |
| Цикл   |                   |           |           |                  |                  |

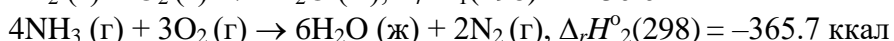
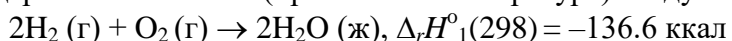
2. Для реакции  $A \rightarrow B$  изобразите кинетические кривые для реагентов А и В. По графику определите среднюю и мгновенную (истинную) скорости химической реакции. Укажите размерности скорости химической реакции.

3. Приведите кинетическое уравнение закона действующих масс реакции  $2A + B \rightarrow C$ . Какие величины входят в это уравнение? Изобразите зависимость скорости реакции от времени.

4. Золь  $AgI$  получен при добавлении 8 мл водного раствора  $KI$  концентрации 0.05 моль/л к 10 мл водного раствора  $AgNO_3$  концентрации 0.02 моль/л. Напишите формулу мицеллы образовавшегося золя. Как заряжена частица золя?

#### **5.2.4 Примерный перечень практических заданий для оценки сформированности компетенции ОПК-6:**

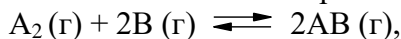
1. Рассчитайте стандартную энтальпию образования аммиака при 298 К, если известны стандартные энтальпии (при той же температуре) следующих реакций:



2. Чему равно изменение энтропии при нагревании 1 моль серебра от 25 до 225°C. Зависимость теплоемкости от температуры определяется следующим соотношением:

$$C_p(Ag, \kappa) = 5.73 + 1.263 \cdot 10^{-3} \cdot T - 0.06 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 \text{ кал/(моль} \cdot \text{K)}.$$

3. Как изменится скорость прямой и обратной реакции



если давление в реакционном сосуде увеличить в два раза?

4. При какой температуре реакция закончится за 15 мин., если при 15°C она идет 2 часа? Температурный коэффициент реакции равен 3.

5. Вещество А смешали с веществами В и С в равных концентрациях 1 моль/л. Через 1000 с осталось 50% вещества А. Сколько вещества А останется через 2000 с, если реакция имеет: а) нулевой, б) первый, в) второй, г) третий общий порядок?

6. Чему равен водородный показатель в 0.1 М растворе уксусной кислоты, если степень ее диссоциации равна 1% и в 0.1 М растворе соляной кислоты.

7. Золь  $BaSO_4$  получен при добавлении 10 мл 0.05 М водного раствора  $Na_2SO_4$  к 10 мл 0.1 М водного раствора  $BaCl_2$ . Напишите формулу образовавшегося золя и определите заряд коллоидной частицы.

#### **5.2.5. Примеры вопросов для зачета для оценки сформированности ОПК-6:**

1. Термодинамика. Термодинамические системы. Классификация систем
2. Параметры термодинамической системы. Термодинамические процессы
3. Понятие о внутренней энергии, теплоте и работе. Математическое выражение первого закона термодинамики
4. Первый закон термодинамики для изохорного и изобарного процесса. Понятие об энтальпии
5. Тепловой эффект химической реакции, теплота образования химического вещества. Теплота сгорания химического вещества
6. Термохимия. Закон Гесса и следствия из него

7. Энтропия. Направление химических реакций. Второе начало термодинамики
8. Термодинамические потенциалы, определяющие самопроизвольное протекание реакций. Энергия Гесса
9. Компонент, фаза, число термодинамических степеней свободы системы. Правило фаз Гиббса
10. Однокомпонентные системы. Системы гомогенные и гетерогенные. Диаграмма состояния воды
11. Теплота растворения: молярная. Удельная. Механизм растворения твердых веществ
12. Выделение теплоты при растворении некоторых твердых веществ. Сольватная теория Д.И. Менделеева
13. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри. Факторы, определяющие растворимость газов в жидкостях
14. Растворимость жидкостей в жидкостях. Закон распределения. Экстракция
15. Коллигативные свойства растворов. Диффузия. Осмос. Осмотическое давление растворов
16. Если целый маринованный помидор поместить в дистиллированную воду, то он через некоторое время лопается. Почему? Плазмолиз. Тургор. Биологическое значение осмоса
17. Давление насыщенного пара над раствором. Закон Рауля. Идеальные растворы. Отклонения от закона Рауля
18. Законы Коновалова. Азеотропные смеси. Перегонка. Фракционная перегонка. Ректификация
19. Понижение температуры замерзания растворов. Криоскопическая константа. Криоскопия. Антифриза
20. Повышение температуры кипения растворов. Эбулиоскопическая константа. Эбулиоскопия
21. Растворы электролитов. Изотонический коэффициент
22. Основные понятия химической кинетики. Кинетические уравнения. Кинетические кривые
23. Влияние концентрации на скорость химической реакции. Закон действующих масс. Физический смысл константы. Скорость реакции
24. Порядок и молекулярность реакции. Реакции I, II порядков
25. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа
26. Уравнение Аррениуса. Физический смысл энергии активации. Энергетическая диаграмма химической реакции
27. Катализаторы. Катализ. Виды катализа. Энергетическая диаграмма химической реакции. Механизм гомогенного катализа. Влияние катализатора на энергию активации  $E_a$  реакции
28. Гетерогенный катализ, его стадии. Применение катализа, его стадии. Применение катализа. Ингибиторы. Антиоксиданты
29. Особенности ферментативного катализа. Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен
30. Применение ферментативного катализа в пищевой промышленности (по отраслям)
31. Обратимость химических реакций. Химическое равновесие. Смещение равновесия. Принцип Ле-Шателье
32. Дисперсные системы. Классификация дисперсных систем по разным признакам
33. Поверхностная энергия. Явление сорбции. Адсорбция и абсорбция
34. Адсорбтив. Адсорбент. Назовите вещества, наиболее часто употребляемые в качестве адсорбента. Удельная поверхность адсорбента. Единицы ее измерения
35. Адсорбция газов твердыми адсорбентами. Зависимость адсорбции газов от разных факторов. Изотермы адсорбции Гиббса
36. Принципиальное отличие химической адсорбции от физической

37. Основные положения мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Изотерма адсорбции. Определение константы уравнения Ленгмюра
38. Поверхностная активность молекул ПАВ. Механизм действия ПАВ. Правило Дюкло-Траубе
39. Молекулярная адсорбция из растворов. Уравнение Френдлиха. Определение констант уравнения Френдлиха
40. Правило уравнения поверхностей Ребиндера. Какие адсорбенты (полярные или неполярные) следует выбирать для очистки питьевой воды от фенола?
41. Влияние размеров пор адсорбента на его адсорбционную способность. Обращение правила Дюкло-Траубе при адсорбции на неполярных адсорбентах органических веществ из водных растворов. Какие адсорбенты (полярные или неполярные) следует выбирать для получения абсолютного спирта, т.е. для извлечения из спирта следов воды
42. Примеры адсорбционных процессов в технологии пищевых производств. Хроматография, ее применение в теххимическом контроле пищевых производств
43. Адсорбция ионов на поверхности кристаллических веществ. Правило Фаянса-Панета
44. Смачивание. Угол смачивания. Флотация. Эффект Рибиндера
45. Методы получения коллоидных систем: диспергирование, конденсация
46. Очистка коллоидных систем. Диализ. Ультрафильтрация. Применение этих процессов в пищевой промышленности
47. Оптические свойства коллоидных систем. Эффект Тиндаля. Опалесценция
48. Молекулярно-кинетические свойства коллоидных систем. Диффузия и осмос в золях. Седиментация
49. Строение мицеллы золя на примере. Адсорбционный и диффузионный слои ионов. Потенциалопределяющие ионы и противоионы. Падение потенциала в Д.Э.С. мицеллы
50. Строение двойного электрического слоя. Причины возникновения Д.Э.С. Поверхностный и электрокинетический потенциалы; изменение потенциала с изменением расстояния от поверхности
51. Что называют электрокинетическим потенциалом? Как определить дзетапотенциал частиц золя экспериментально? Факторы, влияющие на электрокинетический потенциал
52. Электрокинетические явления. Электрофорез. Электроосмос. Причины электрокинетических явлений; их применение
53. Виды устойчивости коллоидных систем: агрегативная, седиментационная (кинетическая). Факторы, обеспечивающие кинетическую устойчивость зольей. Лиотропные ряды
54. Коагуляция зольей. Факторы, вызывающие коагуляцию. Порог коагуляции. Коагулирующая способность ионов
55. Концентрационная нейтрализованная коагуляция; изменение поверхностного и электрокинетического потенциала. Изoeлектрическое состояние золя
56. Свободно- и связнодисперсные системы. Механизм процесса гелеобразования. Тиксотропия и синерезис в пищевых продуктах. Пептизация
57. Коллоидные ПАВ. Строение мицелл коллоидных ПАВ в водных растворах
58. Моющее действие коллоидных ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (К.К.М.). Солюбилизация
59. Общая характеристика микрогетерогенных систем
60. Суспензии. Агрегативная устойчивость суспензий. Стабилизатор суспензий. Пасты. Примеры суспензий в пищевой промышленности
61. Эмульсии. Классификация эмульсий: а) по концентрации частиц дисперсионной фазы; б) по полярности дисперсионной фазы и дисперсионной среды
62. Эмульгаторы. Эмульгаторы в пищевой специальности. Обращение фаз эмульсий
63. Изобразите адсорбционно-сольватный слой, который образуют на поверхности капельки ПАВ: а) в случае прямой эмульсии; б) в случае обратной эмульсии. Пищевые продукты – эмульсии

64. Пены. Пищевые продукты, имеющие структуру пены. Стабилизаторы пен. Пеногасители
65. Аэрозоли. Классификация аэрозолей по разным признакам. Взрывоопасность. Методы разрушения аэрозолей. Применение аэрозолей
66. Порошки. Текучесть порошков. Пищевые продукты, имеющие структуру порошков
67. Набухание полимеров. Стадии набухания. Теплота и давления набухания. Растворы В.М.С. Сходство и различие растворов В.М.С. с коллоидными и истинными растворами, коацервация, студни

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) основная литература:**

1. Слесарев В. И. - Химия: основы химии живого: учеб. для студентов вузов, обучающихся по естественнонауч. направлениям и специальностям. - СПб.: Химиздат, 2015. - 784 с. (97 экз. в библиотеке ННГУ)
2. Глинка, Н. Л. Общая химия в 2 т. Том 1 : учебник для академического бакалавриата / Н. Л. Глинка; под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. — 20-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 353 с. — (Бакалавр. Академический курс). Доступно на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/736D053E-E77C-4726-8CC5-F8E756E674A5>
3. Глинка, Н. Л. Общая химия в 2 т. Том 2 : учебник для академического бакалавриата / Н. Л. Глинка ; под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. — 20-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 379 с. — (Бакалавр. Академический курс). Доступно на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/EBE718FD-189B-494E-A633-DCA7F607FCC9>
4. Кудряшева, Н. С. Физическая и коллоидная химия : учебник и практикум для СПО / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 473 с. Доступно на ЭБС «Юрайт». Режим доступа <https://biblio-online.ru/book/72CA68BF-9F1C-405D-9725-2CE497E5EEF8>

### **б) дополнительная литература:**

1. Росин, И. В. Общая и неорганическая химия в 3 т. Т. 1. Общая химия : учебник для академического бакалавриата / И. В. Росин, Л. Д. Томина. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 426 с. — (Бакалавр. Академический курс). Доступно на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/20528962-9889-4766-A00D-AAFC77F6C8AF>
2. Росин, И. В. Общая и неорганическая химия в 3 т. Т. 2. Химия s-, d- и f- элементов : учебник для академического бакалавриата / И. В. Росин, Л. Д. Томина. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 492 с. — (Бакалавр. Академический курс). Доступно на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/9A9646C6-801A-4B29-A6A9-242FB884445C>
3. Росин, И. В. Общая и неорганическая химия в 3 т. Т. 3. Химия p-элементов : учебник для академического бакалавриата / И. В. Росин, Л. Д. Томина. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 436 с. Доступно на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/6828ED4A-9939-432C-9B4D-E160E9348D3A>
4. Ершов, Ю. А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов в 2 кн. Книга 1 : учебник для вузов / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд. — 10-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 215 с. — (Бакалавр. Академический курс). Доступно на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/71069235-761D-43CB-813C-E3E1FF3E2FA7>
5. Ершов, Ю. А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов в 2 кн. Книга 2: учебник для вузов / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд. — 10-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 360 с. — (Бакалавр. Академический курс). Доступно на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/D1023147-B5F3-4C9F-85FA-1E57F4C31AB7>



в) Интернет-ресурсы:

ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>,

ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com/>,

ЭБС «Юрайт» <https://www.biblio-online.ru/>,

Научная электронная библиотека «E-library.ru» <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного, лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью. Для проведения занятий лекционного типа имеются демонстрационное оборудование (доска, переносное мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук)). Для проведения лабораторных занятий – помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Материально-техническое обеспечение лабораторного практикума - лаборатория, оснащенная оборудованием: вытяжные шкафы; штативы с лапками и кольцами; химическая посуда общего и специального назначения; сушильный шкаф; вакуумный насос; водоструйные насосы; дистиллятор; технические и аналитические весы; фотоэлектроколориметр; вольтметр, амперметр, прибор для определения электрокинетического потенциала; ртутные термометры; набор химических реактивов.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ

### Авторы:

Доцент кафедры высокомолекулярных соединений  
и коллоидной химии химического факультета, к.х.н.

\_\_\_\_\_ Мочалова А.Е.

Доцент кафедры высокомолекулярных соединений  
и коллоидной химии химического факультета, к.х.н.

\_\_\_\_\_ Копылова Н.А.

### Рецензент:

Заведующий кафедрой физической химии  
химического факультета, д.х.н.

\_\_\_\_\_ Маркин А.В.

Заведующий кафедрой высокомолекулярных соединений  
и коллоидной химии химического факультета, д.х.н.

\_\_\_\_\_ Зайцев С.Д.

**Программа одобрена** на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 06.09.2022 года, протокол № 1.