

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Химический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Физическая химия

---

Уровень высшего образования  
Специалитет

---

Направление подготовки / специальность  
04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

---

Направленность образовательной программы  
Неорганическая химия

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.03.05 Физическая химия относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации              |
| ОПК-1: Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности | ОПК-1.1: Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов<br>ОПК-1.2: Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии<br>ОПК-1.3: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности | ОПК-1.1:<br>Знать основные законы химической термодинамики и химической кинетики, теоретической электрохимии; условия протекания и установления равновесия химических реакций и процессов; особенности поведения растворов электролитов и неэлектролитов.<br>Уметь оценивать направленность протекания химических процессов; проводить кинетический анализ химических реакций.<br>Владеть терминологией фундаментальных разделов физической химии; навыками физико-химического описания поведения системы при различных условиях.<br><br>ОПК-1.2:<br>Знать основные уравнения химической термодинамики и химической кинетики, теоретической электрохимии.<br>Уметь пользоваться основными методами химической термодинамики для расчета термодинамических функций веществ и процессов при различных условиях; получать | Кolloквиум<br>Тест                 | Экзамен:<br>Контрольные вопросы<br>Задачи |

|                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                            |                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>закономерности изменения физико-химических свойств веществ и процессов от различных факторов.</p> <p>Владеть терминологией фундаментальных разделов физической химии;</p> <p>математическим аппаратом химической термодинамики и химической кинетики.</p> <p>ОПК-1.3:</p> <p>Знать важнейшие характеристики используемых физико-химических методов, позволяющие сделать заключение о корректности и достоверности полученных результатов анализа.</p> <p>Уметь сравнивать результаты эксперимента с собственными результатами, полученными ранее при решении аналогичных задач и/или с результатами, описанными в литературе.</p> <p>Владеть навыками критической оценки получаемых результатов при формулировании заключения и выводов.</p> |                            |                                           |
| ОПК-3: Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения | <p>ОПК-3.1: Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности</p> <p>ОПК-3.2: Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности</p> | <p>ОПК-3.1:</p> <p>Знать базовые законы физики, математики для понимания фундаментальных закономерностей физико-химических процессов.</p> <p>Уметь использовать математический аппарат и фундаментальные законы физики для определения физико-химических характеристик веществ и физико-химического описания химических реакций.</p> <p>Владеть терминологией и понятийным аппаратом физической химии; навыками критического анализа знаний базовых разделов физической химии (химической термодинамики, химической</p>                                                                                                                                                                                                                         | Контрольная работа<br>Тест | Экзамен:<br>Контрольные вопросы<br>Задачи |

|                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>кинетики, теоретической электрохимии).</p> <p>ОПК-3.2:<br/>Знать базовые законы смежных с физической химией дисциплин для понимания фундаментальных закономерностей физико-химических процессов.<br/>Уметь использовать математический аппарат и фундаментальные законы физики для решения комплексных задач физической химии.<br/>Владеть математическим аппаратом и основными законами физики при выводе фундаментальных уравнений физической химии.</p>                                                                                                                                                                                                                      |                    |                                           |
| ОПК-4: Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач | <p>ОПК-4.1: Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности</p> <p>ОПК-4.2: Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик</p> <p>ОПК-4.3: Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений</p> | <p>ОПК-4.1:<br/>Знать основные экспериментальные методы и приемы определения физико-химических величин.<br/>Уметь выполнять стандартные измерения физико-химических характеристик веществ и процессов с их участием.<br/>Владеть экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ; представления полученных результатов и методами их математической обработки.</p> <p>ОПК-4.2:<br/>Знать фундаментальные основы математики и физики для решения поставленных задач.<br/>Уметь анализировать качественные и количественные результаты анализа при помощи аппроксимации.<br/>Владеть навыками обработки данных с последующей интерпретацией полученных</p> | Коллоквиум<br>Тест | Экзамен:<br>Контрольные вопросы<br>Задачи |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>результатов.</p> <p><b>ОПК-4.3:</b><br/> Знать рамки применимости теоретических знаний и практических навыков для решения прикладных исследовательских задач.<br/> Уметь применять знания в области физики, математики и химии для описания наблюдаемых явлений.<br/> Владеть физическими основами методов анализа для интерпретации данных, полученных в результате эксперимента.</p> |  |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|                                                                          |                             |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                          | <b>очная</b>                |
| <b>Общая трудоемкость, з.е.</b>                                          | <b>8</b>                    |
| <b>Часов по учебному плану</b>                                           | <b>288</b>                  |
| в том числе                                                              |                             |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>                           |                             |
| - занятия лекционного типа                                               | <b>128</b>                  |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | <b>64</b>                   |
| - КСР                                                                    | <b>4</b>                    |
| <b>самостоятельная работа</b>                                            | <b>20</b>                   |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                                          | <b>72</b><br><b>Экзамен</b> |

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины | Всего<br>(часы) | в том числе                                                                |                                                                            |        |                                           |
|----------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------|
|                                        |                 | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |                                                                            |        | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|                                        |                 | Занятия лекционного типа                                                   | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего  |                                           |
|                                        |                 |                                                                            |                                                                            |        |                                           |
|                                        | о<br>ф          | о<br>ф                                                                     | о<br>ф                                                                     | о<br>ф | о<br>ф                                    |

|                                                  |     |     |    |     |    |
|--------------------------------------------------|-----|-----|----|-----|----|
| Раздел 1. Основы химической термодинамики        | 33  | 18  | 12 | 30  | 3  |
| Раздел 2. Постулаты статистической термодинамики | 17  | 6   | 8  | 14  | 3  |
| Раздел 3. Растворы. Фазовые равновесия           | 27  | 14  | 10 | 24  | 3  |
| Раздел 4. Химическое равновесие                  | 37  | 24  | 10 | 34  | 3  |
| Раздел 5. Кинетика и катализ химических реакций  | 49  | 33  | 12 | 45  | 4  |
| Раздел 6. Электрохимия                           | 49  | 33  | 12 | 45  | 4  |
| Аттестация                                       | 72  |     |    |     |    |
| КСР                                              | 4   |     |    | 4   |    |
| Итого                                            | 288 | 128 | 64 | 196 | 20 |

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### Раздел 1. Основы химической термодинамики

1. Предмет и содержание физической химии.
2. Предмет и содержание химической термодинамики.
3. Первое начало термодинамики. Термохимия. Закон Гесса и следствия из него.
4. Методы расчета энтальпий химических реакций. Стандартные состояния и стандартные условия.
5. Зависимость энтальпии реакции от температуры.
6. Теплостойкость. Классические и квантовые теории теплостойкостей.
7. Второе начало термодинамики. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Равновесие. Энтропия. Расчет энтропии равновесных процессов и систем.
8. Функция Гиббса, функция Гельмгольца. Термодинамические потенциалы и фундаментальные уравнения Гиббса.
9. Химический потенциал идеального газа. Метод термодинамической летучести.
10. Уравнения состояния реальных газов.
11. Сравнительные методы расчета термодинамических свойств органических веществ и термодинамических характеристик реакций с их участием

#### Раздел 2. Постулаты статистической термодинамики

1. Статистические суммы по состояниям. Фазовое Г-пространство и ансамбли Гиббса.
2. Термодинамический подход к определению энтропии.
3. Статистические аналоги термодинамических функций.
4. Расчет константы уравнения газовых реакций по статистическим суммам.

#### Раздел 3. Растворы. Фазовые равновесия

1. Термодинамическая классификация растворов.
2. Парциальные молярные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема.
3. Коллигативные свойства растворов. Закон Рауля для идеальных и реальных растворов.
4. Равновесие «жидкость-пар» в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса-Коновалова. Перегонка жидкостей. Законы Вревского.
5. Реальные растворы. Термодинамическая активность и методы ее определения.
6. Фазовые равновесия. Правило фаз Гиббса и его применение к двух- и трехкомпонентным системам.
7. Равновесие фаз индивидуального вещества. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Фазовые диаграммы индивидуальных веществ (воды, углерода, фуллерена C<sub>60</sub>). Полиморфизм: энантиотропия, моноотропия/
8. Физико-химический анализ фазовых диаграмм двухкомпонентных систем. Системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердой фазе. Системы, образующие химические соединения и твердые растворы. Сплавы металлов.
9. Двойные фазовые диаграммы. Многокомпонентные растворы и фазовые диаграммы.

#### Раздел 4. Химическое равновесие

1. Закон действия масс. Термодинамическая константа равновесия.
2. Уравнение изотермы химической реакции. Изменение функции Гиббса и Гельмгольца химической реакции и направление процесса.
3. Третье начало термодинамики. Постулат Планка. Тепловая теорема Нернста.
4. Расчет константы равновесия химической реакции с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций.
5. Расчеты выхода продуктов химических реакций.
6. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры реакции.
7. Расчеты констант равновесия по стандартным значениям функции Гиббса образования компонентов системы, по уравнению изобары реакции.
8. Особенности термодинамического описания гетерогенного химического равновесия.
9. Расчет констант равновесия редокс-реакций с помощью потенциометрии (измерения ЭДС электрохимической системы).

#### Раздел 5. Кинетика и катализ химических реакций

1. Основные понятия химической кинетики. Кинетический закон действия масс. Методы определения порядка реакции и вида кинетического уравнения. Кинетические уравнения необратимых реакций первого, второго и третьего порядков.
2. Зависимость константы скорости от температуры. Уравнение Аррениуса.
3. Кинетика сложных реакций: обратимых, параллельных и последовательных.
4. Приближенные методы химической кинетики. Принцип квазистационарности Боденштейна.
5. Цепные реакции. Кинетические особенности неразветвленных и разветвленных цепных реакций. Цепное воспламенение.
6. Метод переходного состояния. Поверхность потенциальной энергии. Свойства активированного комплекса.
7. Статистический расчет скорости химической реакции.
8. Теория соударений в применении к моно- и бимолекулярным реакциям.
9. Основные законы фотохимии. Квантовый выход фотохимических реакций. Кинетика фотохимических реакций.
10. Общие принципы катализа. Гомогенный катализ. Кинетика и механизм общего кислотного и основного катализа. Катализ комплексными соединениями переходных металлов. Общие сведения о механизмах ферментативных реакций. Гетерогенный катализ. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций.

#### Раздел 6. Электрохимия

1. Предмет, содержание и значение электрохимии.
2. Термодинамическое описание ион-ионного взаимодействия.
3. Теория Аррениуса, теория Дебая-Хюккеля растворов электролитов.
4. Неравновесные явления в растворах электролитов. Электропроводность, подвижность ионов и числа переноса.
5. Условия электрохимического равновесия на границах раздела фаз.
6. Уравнение Нернста для потенциала электрода.
7. Термодинамика равновесной электрохимической цепи.
8. Классификация электродов и электрохимических цепей.
9. Двойной электрический слой. Модельные представления о структуре двойного слоя.
10. Кинетика электрохимических процессов. Поляризация электродов.
11. Теории перенапряжения водорода.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. Фомин В.М. Химическая кинетика и катализ: учебное пособие для вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2024. - 348 с
2. Фомин В.М., Маркин А.В. Кинетические закономерности протекания сложных реакций: Учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2023. - 85 с.
3. Арсеньев М.В., Сологубов С.С. Окислительно-восстановительные реакции координационных соединений: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2023. - 32 с.
4. Фомин В.М., Колесникова Л.В., Горюнова П.Е. Неравновесные явления в растворах электролитов: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2022. - 25 с.
5. Черноруков Г.Н., Сологубов С.С., Маркин А.В. Парциальные мольные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2021. - 23 с.
6. Козлова М.С., Черноруков Г.Н., Горюнова П.Е., Маркин А.В. Фазовые равновесия индивидуального вещества: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2019 - 12 с.
7. Арсеньев М.В., Маркин А.В. Тепловая теорема Нернста и ее применение к химическим реакциям различных типов: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2018. - 19 с.
8. Черноруков Г.Н., Маркин А.В. Термохимия: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. - 19 с.
9. Расчет константы скорости и методы определения порядка реакции. Составители: Фомин В.М., Самосудова Я.С.: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. - 25 с.
10. Химическая кинетика. Составители: Козлова М.С., Климова М.Н.: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. - 48 с.
11. Гетерогенное фазовое равновесие в двух- и трехкомпонентных системах. Составители: Маркин А.В., Самосудова Я.С.: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. - 32 с.
12. Козлова М.С., Самосудова Я.С., Черноруков Г.Н., Маркин А.В. Второе начало термодинамики. Расчет энтропии индивидуальных веществ и изменения энтропии в различных процессах и системах: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. - 30 с.
13. Козлова М.С., Маркин А.В. Химическая термодинамика. Расчет энтальпий химических реакций.: Учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. - 63 с.
14. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Составители: Козлова М.С., Черноруков Г.Н., Маркин А.В.: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. - 32 с.
15. Применение первого начала термодинамики к идеальным газам. Составители: Маркин А.В.,



## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:**

Весенний семестр

Коллоквиум № 1

Вариант 1

1. Перечислите экспериментальные и теоретические методы определения энтальпий химических реакций.
2. Тепловая теорема Нернста. Приближенная формула Нернста и ее использование для практических расчетов.

Вариант 2

1. Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Термодинамическое обоснование энтропии.
2. Особенности термодинамического описания гетерогенного химического равновесия.

Осенний семестр

Коллоквиум № 1

Вариант 1

1. Приближенные методы химической кинетики. Метод стационарных концентраций Боденштейна и его использование для решения конкретных задач.
2. Кинетика фотохимических реакций.

Вариант 2

1. Основные понятия и определения формальной кинетики. Методы определения порядка реакции.
2. Ферментативный катализ; принципы, особенности описания и практическое значение.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ОПК-4:**

Весенний семестр

Коллоквиум № 2

Вариант 1

1. Фазовые переходы первого и второго рода. Стабильность фаз.
2. Закон Рауля и его термодинамический вывод.

#### Вариант 2

1. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона; его применение к анализу фазовых переходов первого рода.
2. Коллигативные свойства растворов.

#### Осенний семестр

#### Коллоквиум № 2

#### Вариант 1

1. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Преимущества и недостатки.
2. Электрохимическая коррозия металлов и методы защиты.

#### Вариант 2

1. Электрохимический потенциал. Условия электрохимического равновесия. Термодинамика гальванического элемента. ЭДС цепи.
2. Неравновесные явления в растворах электролитов.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)

| Оценка       | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| превосходно  | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.                                                                                 |
| отлично      | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.                          |
| очень хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. |
| хорошо       | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы                                                       |

| Оценка              | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.                                                                                                                                                                                                                        |
| удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.                                                                                                                                 |
| плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.                                                                                  |

### **5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:**

#### **1. Что в термодинамике называют термодинамическим процессом?**

- 1) неравновесное состояние системы;
- 2) стационарное состояние системы;
- 3) последовательность неравновесных состояний системы;
- 4) изменение состояния системы, характеризующееся изменением ее термодинамических переменных.

#### **2. Закрытая система — это система, которая**

- 1) обменивается с окружающей средой веществом, но не энергией
- 2) обменивается с окружающей средой энергией, но не веществом
- 3) обменивается с окружающей средой и веществом, и энергией
- 4) не обменивается с окружающей средой ни веществом, ни энергией

#### **3. Энергия, полученная или отданная системой в форме теплоты, определяется изменением**

- 1) внутренней энергии

- 2) внутренней энергии и работы расширения
- 3) внутренней энергии, работы расширения и полезной работы
- 4) внутренней энергий, работы расширения, полезной работы и температуры

**5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:**

**1. Раствор содержал 3.04 г камфоры  $C_{10}H_{16}O$  в 100 г бензола и кипел при  $80,714^{\circ}C$ . Температура кипения чистого бензола  $80,2^{\circ}C$ . Эбулиоскопическая постоянная бензола равна:**

- 1) 2.31;                      2) 2.57                      3) 2.42                      4) 2.54

**2. Укажите правильное выражение для расчета осмотического давления разбавленного раствора неэлектролита:**

- 1)  $\pi = CRT$  ;              2)  $\pi = CNT$  ;                      3)  $\pi = RT$  ;                      4)  $\pi = CT$

**3. Математическое выражение правила фаз Гиббса имеет вид**

- 1)  $f = \Phi + 2 - K$                                               2)  $f = K + \Phi + 2$   
3)  $f = K - 2 + C$                                               4)  $f = K + 2 - \Phi$

**5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-4:**

**1. Процессом, который характеризуется наибольшим возрастанием энтропии, является:**

- 1. конденсация
- 2. испарение
- 3. кристаллизация
- 4. охлаждение

**2. При протекании химической реакции в направлении «исходные вещества → продукты», значение функции Гиббса**

- 1)  $\Delta_r G^0 = 0$                                               2)  $\Delta_r G^0 < 0$   
3)  $\Delta_r G^0 > 0$                                               4)  $\Delta_r G^0 \neq \text{const}$

### 3. Твёрдым раствором называют

- 1) гетерогенную систему переменного состава
- 2) тонкодисперсную смесь обоих компонентов
- 3) однофазную систему постоянного состава
- 4) гомогенную систему переменного состава

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

| Оценка              | Критерии оценивания                           |
|---------------------|-----------------------------------------------|
| превосходно         | Тестовые задания выполнены на 97% – 100%      |
| отлично             | Тестовые задания выполнены на 91% – 96%       |
| очень хорошо        | Тестовые задания выполнены на 80% – 90%       |
| хорошо              | Тестовые задания выполнены на 70% – 79%       |
| удовлетворительно   | Тестовые задания выполнены на 60% – 69%       |
| неудовлетворительно | Тестовые задания выполнены на 41% – 59 %      |
| плохо               | Тестовые задания выполнены менее, чем на 40 % |

#### 5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

Весенний семестр

Контрольная работа

Задача № 1. При  $T = 298 \text{ K}$  и стандартном давлении известны энтальпии сгорания акрилонитрила  $\Delta_c H_0(298, \text{C}_3\text{H}_3\text{N}, \text{ж}) = -420.82 \text{ ккал/моль}$ , водорода  $\Delta_c H_0(298, \text{H}_2, \text{г}) =$

$= -68.32 \text{ ккал/моль}$  и графита  $\Delta_c H_0(298, \text{C}, \text{гр}) = -94.05 \text{ ккал/моль}$ . Стандартные

энтальпии образования циановодорода  $\Delta_f H_0(298, \text{HCN}, \text{г}) = 31.00 \text{ ккал/моль}$  и ацетилена

$\Delta_f H_0(298, \text{C}_2\text{H}_2, \text{г}) = 54.19 \text{ ккал/моль}$ . Рассчитайте стандартную энтальпию реакции

$\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + \text{HCN}(\text{г}) \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}(\text{г})$  при температуре  $T = 500 \text{ K}$ . Следует учесть, что при

$T_v = 351.65 \text{ K}$  акрилонитрил испаряется;  $\Delta_v H_0(298, \text{C}_3\text{H}_3\text{N}) = 7.85 \text{ ккал/моль}$ . Теплоемкости жидкого и газообразного акрилонитрила следует принять равными  $C_p(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}, \text{ж}) =$

$= 98.7 \text{ Дж/(K}\cdot\text{моль)}$  и  $C_p(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}, \text{г}) = 63.76 \text{ Дж/(K}\cdot\text{моль)}$  и не зависящими от температуры.

Задача № 2. Некоторое количество  $\text{SO}_3$  нагрето в закрытом сосуде до  $T = 727 \text{ K}$ .

В результате термической диссоциации образовались  $\text{SO}_2$  и  $\text{O}_2$ . Вычислите:

1) исходное давление  $\text{SO}_3$ ;

2) общее давление равновесной газовой смеси, если для реакции  $\text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$

$K_p = 1.855$ , а равновесное давление  $p_{\text{eq}}(\text{SO}_2) = 4.05 \cdot 10^4 \text{ Па}$ .

Осенний семестр

Контрольная работа

Задача № 1. Изучали кинетику процесса при  $25^\circ\text{C}$ :  $\text{ClO}^- + \text{Br}^- \rightarrow \text{BrO}^- + \text{Cl}^-$ . Раствор хлорноватистого натрия готовили путем смешения 100 мл  $5.46 \cdot 10^{-3} \text{ М}$  раствора  $\text{NaClO}$ ,

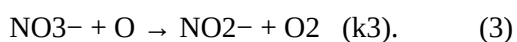
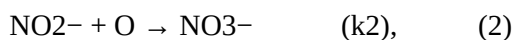
48 мл  $0.5 \text{ Н}$  раствора  $\text{NaOH}$  и 21 мл  $\text{H}_2\text{O}$ ; раствор  $\text{KBr}$  использовали для этого с начальной концентрацией  $C_0 = 2.508 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ . Через определенные промежутки времени после смешения приготовленного раствора  $\text{NaClO}$  и раствора  $\text{KBr}$  отбирали пробы и определяли в них концентрацию  $\text{BrO}^-$ -ионов. Результаты приведены ниже:

|                  |   |      |      |       |       |       |       |
|------------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|
| $t, \text{ мин}$ | 0 | 3.65 | 7.65 | 15.05 | 26.00 | 47.60 | 90.60 |
|------------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|

|                                        |   |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $[\text{BrO}^-] \cdot 10^2, \text{ М}$ | 0 | 0.0560 | 0.0953 | 0.1420 | 0.1800 | 0.2117 | 0.2367 |
|----------------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

Определите порядок реакции и среднюю константу скорости.

Задача № 2. Для инициируемого радиацией распада органических нитратов при обычных условиях предложен следующий механизм:



Сделав предположение, что концентрация атомарного кислорода практически постоянна, выведите уравнение для скорости образования нитрит-ионов. Как должны соотноситься концентрации нитрит- и нитрат-ионов между собой, чтобы реакция имела: 1) первый порядок по нитрат-ионам; 2) второй порядок по нитрат-ионам и минус первый порядок по нитрит-ионам?

**Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)**

| Оценка              | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| превосходно         | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.                                                                                                 |
| отлично             | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.                                          |
| очень хорошо        | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.                 |
| хорошо              | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.                                                            |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.                                                                                                                                                                                            |
| плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.                                                                                                                                             |

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций | плохо      | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|--------------------------------------|------------|---------------------|-------------------|--------|--------------|---------|-------------|
|                                      | не зачтено |                     | зачтено           |        |              |         |             |

|                               |                                                                                                                           |                                                                                                |                                                                                                                              |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                   |                                                                                                                          |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>(индикатор достижения)</b> |                                                                                                                           |                                                                                                |                                                                                                                              |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                   |                                                                                                                          |
| <u><b>Знания</b></u>          | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки                          | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок                                                         | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок                                                         | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок                               | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.                                                                        | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.                                                               |
| <u><b>Умения</b></u>          | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа              | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. 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. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u><b>Навыки</b></u>          | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа                | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки  | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами                                      | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами                                                                   | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов                                                | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов                                                                  | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач                                                        |

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка         |                     | Уровень подготовки                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>зачтено</b> | <b>превосходно</b>  | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
|                | <b>отлично</b>      | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».                                                                                                                            |
|                | <b>очень хорошо</b> | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»                                                                                                                        |



|                   |                            |                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | <b>хорошо</b>              | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».                                                                                         |
|                   | <b>удовлетворительно</b>   | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| <b>не зачтено</b> | <b>неудовлетворительно</b> | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».                                                                                                                                               |
|                   | <b>плохо</b>               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»                                                                                                                                                              |

### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1**

1. Понятие теплоты, работы, внутренней энергии. Первое начало термодинамики. Энтальпия
2. Теплоемкость. Теплоемкость газов и твердых тел
3. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры
4. Равновесные и термодинамически обратимые процессы. Работа обратимых процессов
5. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Второе начало термодинамики и его формулировки. Цикл Карно
6. Второе начало термодинамики. Понятие энтропии. Изменения энтропии в изолированных и неизолированных системах и направление процесса

#### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-3**

1. Понятие Г-фазового пространства. Ансамбли Гиббса
2. Статистическое толкование энтропии
3. Статистическая сумма. Статистические аналоги термодинамических функций
4. Расчет термодинамической константы равновесия по статистическим суммам
5. Закон распределения Нернста. Экстракция. Растворимость газов и твердых веществ в жидкостях. Закон Генри
6. Термодинамическая активность. Методы ее определения

#### **5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-4**

1. Методы определения порядка реакции
2. Кинетические уравнения необратимых реакций первого и второго порядков

3. Метод стационарных и метод квазистационарных концентраций как основа кинетического анализа сложных реакций

4. Классификация электродов. Электроды первого и второго рода. Окислительно-восстановительные электроды

5. Потенциометрический метод анализа

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка              | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| превосходно         | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.                                                                                                 |
| отлично             | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.                                          |
| очень хорошо        | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.                 |
| хорошо              | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.                                                            |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.                                                                                                                                                                                            |
| плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.                                                                                                                                             |

### 5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Криоскопическая постоянная камфоры равна 40.27. Фенантрен, в количестве 0.0113 г понижает температуру замерзания камфоры, массой 0.0961 г, на 27 К. Вычислите молярную массу фенантрена в камфоре.

### 5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

При  $T = 768$  С  $\alpha$ -Fe превращается в  $\beta$ -Fe. Энтальпия превращения равна 366 кал/моль. Рассчитайте стандартную энтропию  $\beta$ -Fe при  $T = 768$  С. Для решения воспользуйтесь таблицами термодинамических величин.

### 5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-4

Для реакции  $\text{NO}_2\text{Cl} \rightarrow \text{NO}_2 + \frac{1}{2}\text{Cl}_2$  предложен следующий двухстадийный механизм:

- 1)  $\text{NO}_2\text{Cl} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{Cl}$  ( $k_1$ ),
- 2)  $\text{NO}_2\text{Cl} + \text{Cl} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{Cl}_2$  ( $k_2$ ).

Используя метод квазистационарных концентраций, выведите уравнение для скорости разложения  $\text{NO}_2\text{Cl}$ .

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка       | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| превосходно  | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.                                                                                                 |
| отлично      | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.                                          |
| очень хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.                 |
| хорошо       | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |

| Оценка              | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.                                                                                                                                |
| плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.                                                                                 |

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

### Основная литература:

1. Еремин Вадим Владимирович. Основы общей и физической химии : учеб. пособие для студентов вузов, изучающих дисциплину "Химия", по направлению подготовки ВПО 011200. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 848 с. - ISBN 978-5-91559-092-1 : 1472.90., 30 экз.
2. Дамаскин Борис Борисович. Электрохимия : учеб. по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия". - 2-е изд., испр. и перераб. - М. : Химия : КолосС, 2006. - 672 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - ISBN 5-98109-011-1 (Химия) : 363.20., 117 экз.
3. Эмануэль Николай Маркович. Курс химической кинетики : [учеб. для хим. фак. ун-тов]. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1984. - 463 с. : ил. - 1.30., 31 экз.
4. Киселева Екатерина Васильевна. Сборник примеров и задач по физической химии : [для хим.-технол. вузов]. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1983. - 456 с. : ил. - 1.10., 46 экз.
5. Борщевский Андрей Яковлевич. Физическая химия : Том 1: Общая химическая термодинамика; Учебник. 1 : Физическая химия / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2021. - 606 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-011785-0. - ISBN 978-5-16-104227-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=739806&idb=0>.
6. Еремин Евгений Николаевич. Основы химической кинетики : учеб. пособие. - 2-е изд., доп. - М. : Высшая школа, 1976. - 375 с. : с рис. - 0.96., 56 экз.
7. Основы физической химии : в 2 ч. : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 - Химия. Ч. 1 : Теория. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 320 с. : ил. - (Учебник для высшей школы : сер. осн. в 2009 г.). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 978-5-9963-0535-3 (ч. 1) : 282.09., 18 экз.
8. Основы физической химии : в 2 ч. : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 - Химия. Ч. 2 : Задачи. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 263 с. : ил. - (Учебник для высшей школы : сер. осн. в 2009 г.). - Авт. указ. на

обороте тит. л. - ISBN 978-5-9963-0536-0 (ч. 2) : 282.09., 18 экз.

9. Физическая химия : задачи и упражнения с решением : учебное пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - М. : Изд-во ННГУ, 1994-. Физическая химия. Ч. 1. - 1994. - 140 с. - 2000.00., 130 экз.

10. Физическая химия : задачи и упражнения с решением : учебное пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - М. : Изд-во ННГУ, 1994-. Физическая химия. Ч. 2. - 1994. - 339 с. - 2000.00., 136 экз.

11. Фомин Владимир Михайлович. Химическая кинетика и катализ : учеб. пособие для вузов по направлению подготовки "Химия" и специальности "Фундаментальная и прикладная химия" / В. М. Фомин. - Санкт-Петербург : Лань, 2024. - 348 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-507-48309-9 : 2192.30., 100 экз.

#### Дополнительная литература:

1. Байрамов Вадим Михайлович. Основы электрохимии : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия" / под ред. В. В. Лунина. - М. : Академия, 2005. - 240 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 5-7695-1985-1 : 184.80., 25 экз.

2. Бажин Николай Михайлович. Термодинамика для химиков : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Химия". - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Химия : КолосС, 2004. - 416 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - ISBN 5-9819-005-7 (Химия) : 159.26., 10 экз.

3. Кубо Риого. Термодинамика : Современный курс с задачами и решениями / сост. при участии Х. Ичимура [и др.] ; пер. с англ. А. Г. Башкирова, Е. Е. Тареевой ; под ред. Д. Н. Зубарева, Н. М. Плакиды. - М. : Мир, 1970. - 304 с. : граф. - 30.00., 24 экз.

4. Эткинс П. Физическая химия : [в 2 т.]. [Т.] 1 / пер. с англ. К. П. Бутина. - М. : Мир, 1980. - 580 с. : ил. - 2.90., 3 экз.

5. Эткинс П. Физическая химия : [в 2 т.]. [Т.] 2 / пер. с англ. К. П. Бутина. - М. : Мир, 1980. - 584 с. : ил. - 2.90., 3 экз.

6. Антропов Лев Иванович. Теоретическая электрохимия : [учеб. для хим. и химико-технол. специальностей вузов]. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1984. - 519 с. : ил. - 1.60., 4 экз.

7. Полторацкая Олесь Михайловна. Термодинамика в физической химии : [учеб. пособие для хим. и хим.-технол. специальностей вузов]. - М. : Высшая школа, 1991. - 318, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-002041-X (в пер.) : 36.00., 5 экз.

8. Денисов Евгений Тимофеевич. Химическая кинетика : учебник для вузов. - М. : Химия, 2000. - 568 с. : ил. - 182.00., 2 экз.

9. Пригожин И. Химическая термодинамика : пер. с англ. / под ред. В. А. Михайлова. - Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1966. - 509 с. : черт. - 2.73., 1 экз.

10. Курс физической химии : [для хим. фак. ун-тов]. Т. 2 / под ред. Я. И. Герасимова. - 2-е изд., испр. - М. : Химия, 1973. - 623 с. : с черт. - 1.47., 16 экз.

11. Курс физической химии : [учеб. пособие для хим. фак. ун-тов]. Т. 1 / под ред. Я. И. Герасимова. - 2-е изд., испр. - М. : Химия, 1970. - 592 с. : с черт. - 1.37., 10 экз.

12. Романовский Борис Васильевич. Основы катализа : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению ВПО 020100 - бакалавр химии и специальности ВПО 020201 - "Фундам. и приклад. химия". - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 172 с. : ил. - (Учебник для

высшей школы). - ISBN 978-5-9963-0520-9 : 288.00., 4 экз.

13. Сборник задач по термодинамике физико-химических процессов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломир. специалистов 130500 "Нефтегазовое дело" : в 2 т. - М. : Нефть и газ, 2007-. Сборник задач по термодинамике физико-химических процессов. Т. 1 : Теория. - М., 2007. - 482 с. - ISBN 5-7246-0420-5 (т. 1) : 250.00., 23 экз.

14. Сборник задач по термодинамике физико-химических процессов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломир. специалистов 130500 "Нефтегазовое дело" : в 2 т. - М. : Нефть и газ, 2007-. Сборник задач по термодинамике физико-химических процессов. Т. 2 : Решение задач. - М., 2009. - 753 с. : ил. - ISBN 5-7246-0420-5 (т. 1) : 350.00., 13 экз.

15. Эткинс Питер. Физическая химия : в 3 ч. / пер. с англ. И. А. Успенской, В. А. Иванова ; под ред. В. В. Лунина, О. М. Полторака. - М. : Мир, 2007-. - (Лучший зарубежный учебник). Физическая химия . Ч. 1 : Равновесная термодинамика. - 2007. - 494 с. : ил. - ISBN 5-03-003786-1 (русск.) : 150.00., 1 экз.

16. Физическая химия : [учеб. для вузов] : в 2 кн. Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика / под ред. К. С. Краснова. - 3-е изд., испр. - М. : Высшая школа, 2001. - 512 с. : ил. - ISBN 5-06-004025-9 (кн. 1). - ISBN 5-06-004027-5 : 80.85., 2 экз.

17. Физическая химия : [учеб. для вузов] : в 2 кн. Кн. 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ / под ред. К. С. Краснова. - 3-е изд., испр. - М. : Высшая школа, 2001. - 319 с. : ил. - ISBN 5-06-004026-7 (кн. 2). - ISBN 5-06-004027-5 : 70.95., 2 экз.

18. Полторака Олесь Михайлович. Термодинамика в физической химии : [учеб. пособие для хим. и хим.-технол. специальностей вузов]. - М. : Высшая школа, 1991. - 318, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-002041-X (в пер.) : 36.00., 5 экз.

19. Стромберг Армин Генрихович. Физическая химия : учеб. для студентов вузов / под ред. А. Г. Стромберга. - 5-е изд., испр. - М. : Высшая школа, 2003. - 527 с. : ил. - ISBN 5-06-003627-8 : 97.35., 2 экз.

20. Кудряшов Игорь Владимирович. Сборник примеров и задач по физической химии : [учеб. пособие для хим.-технол. специальностей вузов]. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1991. - 526, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-000660-3 (в пер.) : 2.20., 19 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://elibrary.ru>.

<http://link.springer.com>.

<http://www.sciencedirect.com>.

<http://pubs.acs.org>.

<http://pubs.rsc.org>.

<http://www.uspkhim.ru>.

<http://webbook.nist.gov>.

<http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>.

<https://lib.unn.ru/>

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия.

Автор(ы): Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 10.11.2022 г., протокол № 2.