

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 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

2024 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 (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства | |
|--|---|--|------------------------------------|---|
| | Индикатор достижения компетенции (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 ОПК-1.2: Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии ОПК-1.3: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности | ОПК-1.1: 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. Уметь оценивать направленность протекания химических процессов; проводить кинетический анализ химических реакций. Владеть терминологией фундаментальных разделов физической химии; навыками физико-химического описания поведения системы при различных условиях. ОПК-1.2: Знать основные уравнения химической термодинамики и химической кинетики, теоретической электрохимии. Уметь пользоваться основными методами химической термодинамики для расчета термодинамических функций веществ и процессов при различных условиях; получать | Коллоквиум Тест | Экзамен: Контрольные вопросы 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> | | |
| <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> | <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> | <p>Контрольная работа</p> <p>Тест</p> | <p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--------------------|---|
| | | <p>кинетики, теоретической электрохимии).</p> <p>ОПК-3.2: Знать базовые законы смежных с физической химией дисциплин для понимания фундаментальных закономерностей физико-химических процессов. Уметь использовать математический аппарат и фундаментальные законы физики для решения комплексных задач физической химии. 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: Знать основные экспериментальные методы и приемы определения физико-химических величин. Уметь выполнять стандартные измерения физико-химических характеристик веществ и процессов с их участием. Владеть экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ; представления полученных результатов и методами их математической обработки.</p> <p>ОПК-4.2: Знать фундаментальные основы математики и физики для решения поставленных задач. Уметь анализировать качественные и количественные результаты анализа при помощи аппроксимации. Владеть навыками обработки данных с последующей интерпретацией полученных</p> | Коллоквиум Тест | Экзамен: Контрольные вопросы Задачи |

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

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

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

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 (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/ лабора- торные работы), часы | Всего | |
| | | о ф | о ф | о ф | |
| | | о ф | о ф | о ф | о 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 C₆₀). 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 молярные 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:

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. Математический аппарат химической термодинамики.
2. Использование баз стандартных термодинамических данных для практических расчетов химических равновесий.

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

Вариант 1

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

Вариант 2

1. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Физический смысл трансмиссионного коэффициента.
2. Гетерогенный катализ; принципы, особенности описания и практическое значение.

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 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;

$$3) f = K - 2 + C$$

$$4) f = K + 2 - \Phi$$

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:

Задача № 1. При $T = 298$ К и стандартном давлении известны энтальпии сгорания акрилонитрила $\Delta_c H^0(298, \text{C}_3\text{H}_3\text{N}, \text{ж}) = -420.82$ ккал/моль, водорода $\Delta_c H^0(298, \text{H}_2, \text{г}) = -68.32$ ккал/моль и графита $\Delta_c H^0(298, \text{C}, \text{гр}) = -94.05$ ккал/моль. Стандартные энтальпии образования циановодорода $\Delta_f H^0(298, \text{HCN}, \text{г}) = 31.00$ ккал/моль и ацетилена $\Delta_f H^0(298, \text{C}_2\text{H}_2, \text{г}) = 54.19$ 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 $T = 500$ К. Следует учесть, что при $T_v = 351.65$ К акрилонитрил испаряется; $\Delta_v H^0(298, \text{C}_3\text{H}_3\text{N}) = 7.85$ ккал/моль. Теплоемкости жидкого и газообразного акрилонитрила следует принять равными $C_p(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}, \text{ж}) = 98.7$ Дж/(К·моль) и $C_p(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}, \text{г}) = 63.76$ Дж/(К·моль) и не зависящими от температуры.

Задача № 2. Некоторое количество SO_3 нагрето в закрытом сосуде до $T = 727$ К. В результате термической диссоциации образовались SO_2 и O_2 . Вычислите:

- 1) исходное давление 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 $p_{\text{eq}}(\text{SO}_2) = 4.05 \cdot 10^4$ Па.

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 |

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|--|
| | 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 (индикатора достижения компетенций) | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|--|---|--|--|--|---|--|--|
| | не зачтено | | зачтено | | | | |
| <u>Знания</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>Умения</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 | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнен | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |

| | | | | | | | |
|---------------|--|---|--|--|--|--|---|
| | | | | недочетами | | ы все задания в полном объеме | |
| <u>Навыки</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 некоторым и недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|------------|---------------------|--|
| зачтено | превосходно | 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 |
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». |
| | удовлетворительно | 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» |
| не зачтено | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| | плохо | 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 |

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|---|
| | 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 $T = 768 \text{ C}$ $\alpha\text{-Fe}$ превращается в $\beta\text{-Fe}$. Энтальпия превращения равна 366 кал/моль. Рассчитайте стандартную энтропию $\beta\text{-Fe}$ при $T = 768 \text{ C}$. 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) $\text{NO}_2\text{Cl} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{Cl} \text{ (} k_1 \text{)},$
- 2) $\text{NO}_2\text{Cl} + \text{Cl} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{Cl}_2 \text{ (} k_2 \text{)}.$

Используя метод квазистационарных концентраций, выведите уравнение для скорости разложения NO_2Cl .

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. |
| 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. Полтораки 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.
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. 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.
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. Полторак 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.

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 28.09.2023 г., протокол № 1.