

Документ подписан простой электронной подписью.  
Информация о владельце:  
ФИО: Котова Лариса Анатольевна  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 01.06.2026 19:48:39  
Уникальный программный ключ:  
10730ffe6b1ed036b744b6e9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**  
**Новотроицкий филиал**

Приложение 4

к ОПОП ВО 18.03.01 Химическая технология  
Химическая технология природных энергоносителей и  
углеродных материалов

## Рабочая программа дисциплины

# Физическая химия

|                              |  |   |  |
|------------------------------|--|---|--|
| Закреплена за подразделением | <b>Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)</b>   |   |  |
| Направление подготовки       | 18.03.01 Химическая технология   |   |  |
| Образовательная программа    | 18.03.01 Химическая технология / Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов |   |  |
| Квалификация                 | <b>Бакалавр</b>  |   |  |
| Форма обучения               | <b>заочная</b>   |   |  |
| Общая трудоемкость           | <b>7 ЗЕТ</b>   | Виды контроля на курсах:  |  |
| Часов по учебному плану      | <b>252</b>   | <b>зачет 2</b><br><b>экзамен 2</b><br><b>контрольная работа 2</b> |  |

### Распределение часов дисциплины по курсам

| Курс                                 | 2   |     | Итого |     |
|--------------------------------------|-----|-----|-------|-----|
|                                      | уп  | рп  |       |     |
| Лекции                               | 8   | 8   | 8     | 8   |
| Лабораторные                         | 8   | 8   | 8     | 8   |
| Практические                         | 10  | 10  | 10    | 10  |
| В том числе инт.                     | 14  | 14  | 14    | 14  |
| Итого ауд.                           | 26  | 26  | 26    | 26  |
| Контактная работа                    | 26  | 26  | 26    | 26  |
| Сам. работа                          | 213 | 213 | 213   | 213 |
| В том числе сам. работа в рамках ФОС |     | 24  |       |     |
| Часы на контроль                     | 13  | 13  | 13    | 13  |
| Итого                                | 252 | 252 | 252   | 252 |

Программу составил(и):

*кни, Доцент, Нефедова Е.В.*

Рабочая программа дисциплины

**Физическая химия**

Составлен на основании учебного плана:

18.03.01\_25\_ХимТехнология\_ПрПЭиУМ\_заоч.plx, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 18.03.01 Химическая технология Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов протокол от 27.11.2025 №68.

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)**

Протокол от 11.03.2026 г., №3.

Руководитель подразделения Швалёва Анна Викторовна.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |   |
|-----|---|
| 1.1 | Целью изучения дисциплины является формирование естественнонаучного мировоззрения и исследовательской культуры выпускника. В плане становления научного мировоззрения студентов дисциплина "Физическая химия" призвана способствовать формированию представлений о химических процессах на основе молекулярной природы вещества, статистических закономерностей физико-химических явлений. Выпускник должен овладеть основными методами научного познания, включая методы статистической механики и термодинамики, культурой лабораторных исследований, познаниями в современных отраслях химического знания. |
|-----|---|

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |   |      |
|------------|---|------|
| Блок ОП:   |   | Б1.О |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>  |      |
| 2.1.1      | Химия   |      |
| 2.1.2      | Аналитическая геометрия и векторная алгебра   |      |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |      |
| 2.2.1      | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |      |
| 2.2.2      | Моделирование химико-технологических процессов  |      |
| 2.2.3      | Аналитическая химия и физико-химические методы анализа  |      |
| 2.2.4      | Химическая технология полимерных соединений   |      |

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

|  |
|--|
| <b>ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы, применять знания фундаментальных наук для решения задач профессиональной деятельности</b>  |
| <b>Знать:</b>  |
| ОПК-2-31 Основные закономерности протекания физико-химических процессов  |
| <b>ОПК-1: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b> |
| <b>Уметь:</b>  |
| ОПК-1-У1 Влиять на скорость химической реакции и смещение химического равновесия   |
| ОПК-1-У2 производить расчеты скорости химических реакций, тепловых эффектов реакций  |
| <b>ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы, применять знания фундаментальных наук для решения задач профессиональной деятельности</b>  |
| <b>Уметь:</b>  |
| ОПК-2-У1 методами лабораторного исследования скорости химических реакций; построения фазовых диаграмм; изучения состояния равновесия   |
| <b>Владеть:</b>  |
| ОПК-2-В1 методами термодинамического анализа химического процесса  |

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/  | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций | Литература и эл. ресурсы | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|--|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------|------------|----|--------------------|
|             | <b>Раздел 1. Химическая термодинамика. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.</b> |                |       |                                    |                          |            |    |                    |

|     |   |   |   |                      |                                      |  |  |  |
|-----|---|---|---|----------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| 1.1 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Введение. Предмет и содержание физической химии. Основные разделы. История развития физической химии. Методы физической химии: термодинамический, статистический и квантовомеханический. Значение физической химии для металлургии. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-1-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |
| 1.2 | Первый закон термодинамики. Основные понятия термодинамики. Функции состояния и функции процесса. Внутренняя энергия, энтальпия, теплота, работа. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса. Теплоты образования, сгорания, агрегатных превращений, растворения, нейтрализации. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгофа. /Лек/ | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |

|     |   |   |   |                                  |                                      |  |  |    |
|-----|---|---|---|----------------------------------|--------------------------------------|--|--|----|
| 1.3 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Второй закон термодинамики. Процессы самопроизвольные, обратимые и необратимые. Направленность самопроизвольных процессов в природе. Термодинамическая вероятность. Равновесие как наиболее вероятное состояние системы. Аналитическое выражение и формулировка второго закона термодинамики. Энтропия как мера вероятности. Вычисление изменения энтропии в различных процессах. Термодинамические функции и связь между ними. Свободная энергия при постоянном объеме (энергия Гельмгольца) и при постоянном давлении (энергия Гиббса) как мера работоспособности системы и критерий направленности процесса. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |    |
| 1.4 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Первый закон термодинамики. Расчет работы газа в различных термодинамических процессах: изобарном, изохорном, изотерическом, адиабатном. Понятие молярной и удельной теплоемкостей. /Ср/   | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |    |
| 1.5 | Закон Гесса. Расчет тепловых эффектов реакции. Энтальпийный фактор. Зависимость энтальпии от температуры. Закон Кирхгоффа. /Пр/   | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  | P5 |
| 1.6 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Второй закон термодинамики. Энтропийный фактор. Изменение энтропии в сложных физико-химических процессах. Зависимость энтропии от температуры и объема. /Ср/   | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |    |

|      |  |   |   |                                  |  |                                       |  |    |
|------|--|---|---|----------------------------------|--|---------------------------------------|--|----|
| 1.7  | Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Направленность химических процессов. Зависимость от независимых параметров. Контрольная работа № 1. /Пр/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э2 Э3                |                                       |  | Р6 |
| 1.8  | Определение теплоты растворения буры /Лаб/   | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л3.2<br>Л3.3<br>Э1 Э2 Э3     | работа в парах                        |  | Р1 |
| 1.9  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Следствия из закона Гесса. Расчет теродинамических функций при стандартных условиях /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3             |                                       |  |    |
| 1.10 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Термодинамический анализ реакции. Практическое применение закона Кирхгоффа. Расчет функций через постоянные интегрирования. Использование программы Excel. /Пр/   | 2 | 2 | ОПК-2-В1<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л3.2<br>Э1 Э2 Э3             | занятие в парах в компьютерном классе |  | Р7 |
|      | <b>Раздел 2. Химическое равновесие.</b>  |   |   |                                  |  |                                       |  |    |
| 2.1  | Константа равновесия и способы ее выражения. Термодинамический вывод закона действия масс. Расчет состава равновесной смеси и выхода продукта. Химические реакции в гетерогенных системах. Константа равновесия гетерогенной реакции. Давление диссоциации. Уравнение изотермы химической реакции. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнение изохоры и изобары реакции. /Лек/ | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3        |                                       |  |    |
| 2.2  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Тепловая теорема Нернста. Постулат Планка. Вычисление абсолютных значений энтропии. Расчет равновесий по таблицам стандартных значений термодинамических функций /Ср/   | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3             |                                       |  |    |
| 2.3  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Химическое равновесие в однокомпонентных системах и простых смесях. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.2<br>Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 |                                       |  |    |

|     |  |   |   |                      |   |                |  |    |
|-----|--|---|---|----------------------|---|----------------|--|----|
| 2.4 | Изучение равновесия гомогенной реакции в растворе /Лаб/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л3.2<br>Э1 Э2 Э3         | работа в парах |  | Р2 |
| 2.5 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Расчет состава равновесной смеси газов при изменении температуры и общего давления. Смещение химического равновесия по принципу Ле-Шателье. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |                |  |    |
|     | <b>Раздел 3. Теория растворов.</b>   |   |   |                      |   |                |  |    |
| 3.1 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Растворы неэлектролитов. Парциальные молярные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема. Идеальные растворы. Разбавленные растворы. Законы разбавленных растворов. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри. Растворимость газов в металлах. Закон Рауля. Закон распределения. Совершенные растворы. Химический потенциал компонента совершенного раствора. Реальные растворы. Термодинамическая активность. Методы определения активности компонентов раствора. /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>1 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 |                |  |    |
| 3.2 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Теория растворов. Равновесие между раствором и паром растворителя. Закон Рауля, закон Генри, следствия. Выражения концентраций растворов. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |                |  |    |
| 3.3 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Парциальные молярные величины. Закон Гиббса-Дюгема. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |                |  |    |
| 3.4 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Выражение концентраций растворов. Решение расчетных задач. /Ср/   | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3              |                |  |    |

|     |  |   |   |                                  |                                      |                  |  |    |
|-----|--|---|---|----------------------------------|--------------------------------------|------------------|--|----|
| 3.5 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Расчет задач на понижение и повышение температур замерзания и кипения растворов. Применение законов Генри и Рауля. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |                  |  |    |
|     | <b>Раздел 4. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах.</b>  |   |   |                                  |                                      |                  |  |    |
| 4.1 | Основные понятия: фаза, компонент, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса. Диаграмма состояния однокомпонентной системы. Термический анализ. Кривые охлаждения. /Лек/  | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |                  |  |    |
| 4.2 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: диаграммы двухкомпонентных систем: с постоянной эвтектикой; с ограниченной и неограниченной растворимостью в твердом состоянии; с образованием устойчивых и неустойчивых химических соединений. Трехкомпонентные системы. Учение Курнакова и физико-химический анализ /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-2-В1<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>1<br>Э1 Э2 Э3 |                  |  |    |
| 4.3 | Химическое равновесие в двухкомпонентных системах. Фазовые диаграммы. Построение и интерпретация фазовых диаграмм. /Пр/  | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         | работа в группах |  | Р8 |
| 4.4 | Построение диаграммы плавкости системы нафталин-дифениламин /Лаб/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 Э2 Э3 | работа в группах |  | Р3 |
| 4.5 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Применение правила рычага к решению практических задач /Ср/  | 2 | 6 | ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |                  |  |    |
| 4.6 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Чтение диаграммы "железо-цементит". построение кривых охлаждения, решение задач. /Ср/  | 2 | 6 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 Э2 Э3 |                  |  |    |
|     | <b>Раздел 5. Основы статистической термодинамики.</b>  |   |   |                                  |                                      |                  |  |    |

|                               |  |   |   |                                  |                                      |  |     |  |
|-------------------------------|--|---|---|----------------------------------|--------------------------------------|--|-----|--|
| 5.1                           | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Статистический термодинамика. Фазовое пространство. Закон распределения Больцмана. Распределение молекул газа по импульсам и координатам. Закон распределения энергии по степеням свободы. Квантовая теория теплоемкости. Статистическая сумма состояний. Статистический вес. Суммы состояний поступательного, вращательного и колебательного движений. Электронная сумма состояний. Вычисление термодинамических функций и константы равновесия с использованием сумм состояний. /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |     |  |
| 5.2                           | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Статистический расчет молярной теплоемкости. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 5.3                           | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Решение задач по статистической термодинамике Гиббса и Больцмана. /Ср/   | 2 | 7 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  | КМ1 |  |
| 5.4                           | экзамен/зачет /Ср/   | 2 | 0 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л3.2<br>Э1 Э2 Э3         |  | КМ3 |  |
| <b>Раздел 6. Электрохимия</b> |  |   |   |                                  |                                      |  |     |  |
| 6.1                           | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Растворы электролитов. Энергия кристаллической решетки и энергия сольватации ионов. Сильные и слабые электролиты. Активность электролитов. Ионная сила раствора. Способы определения коэффициентов активности электролитов. /Ср/   | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |     |  |

|     |   |   |   |                                  |                                      |  |  |  |
|-----|---|---|---|----------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| 6.2 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Растворы электролитов. Энергия кристаллической решетки и энергия сольватации ионов. Сильные и слабые электролиты. Активность электролитов. Ионная сила раствора. Способы определения коэффициентов активности электролитов. /Ср/           | 2 | 6 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 6.3 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Удельная и эквивалентная электропроводности и их зависимость от концентрации. Подвижность ионов. Закон Кольрауша. Числа переноса. Практическое использование измерения электропроводности /Ср/   | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1 | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 6.4 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Электродвижущие силы. Возникновение разности потенциалов на границе раздела фаз. Двойной электрический слой. Термодинамика гальванического элемента. Типы электродов. Электродные потенциалы. Стандартные потенциалы. Ряд напряжений. /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 6.5 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Типы гальванических элементов: химические, концентрационные. Диффузионный потенциал. Определение термодинамических параметров путем измерения ЭДС. Кинетика электродных процессов. Электролиз. Поляризация. Перенапряжение /Ср/            | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 6.6 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Электрохимия. Электропроводность электролитов /Ср/   | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 6.7 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Электрохимия. ЭДС гальванического элемента. Расчет термодинамических величин методом ЭДС /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |

|  |  |   |   |                      |                              |  |  |  |
|--|--|---|---|----------------------|------------------------------|--|--|--|
| 6.8  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Основы теории электролитической диссоциации /Ср/   | 2 | 6 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |
| 6.9  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Теоретические основы работы гальванических элементов. /Ср/   | 2 | 6 | ОПК-2-В1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |
| 6.10   | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Теоретические основы процессов окисления-восстановления. /Ср/  | 2 | 7 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |
| <b>Раздел 7. Диффузия</b>                          |  |   |   |                      |                              |  |  |  |
| 7.1  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Явления переноса в газах, твердых телах, жидкостях. Теория диффузии. Законы Фика. Связь коэффициентов диффузии с подвижностью. Механизм диффузии в твердых телах и жидкостях /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |
| 7.2  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Диффузия. Расчет коэффициента диффузии. Вязкость /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-В1<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |
| 7.3  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: роль процесса диффузии в производственных процессах. /Ср/  | 2 | 8 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |
| <b>Раздел 8. Поверхностные явления и адсорбция</b> |  |   |   |                      |                              |  |  |  |
| 8.1  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Адсорбция газов на твердых поверхностях. Основные определения. Влияние поверхностного слоя на термодинамические свойства гетерогенных систем. Теория адсорбция Лангмюра. Адсорбция из смеси газов. Адсорбция из растворов. Молекулярная и активированная адсорбция. /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |

|     |  |   |   |                      |                                      |  |  |  |
|-----|--|---|---|----------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| 8.2 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Полимолекулярная адсорбция. Капиллярная конденсация. Строение адсорбционных слоев. Теплота адсорбции. Адсорбция на поверхности жидкости. Уравнение Гиббса. Уравнение Шишковского. Зависимость поверхностного натяжения от состава раствора. Понятие о хроматографии. Поверхностные явления в металлургии /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1 | Л1.1<br>Л1.3Л3.2<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 8.3 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Адсорбция. Расчет коэффициента адсорбции. Графический метод определения адсорбции /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 8.4 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Поверхностное натяжение. Уравнение Шишковского. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 8.5 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Адсорбция методы расчета коэффициента адсорбции. /Ср/   | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 8.6 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Расчет поверхностного натяжения. Задачи по уравнению Шишковского. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л3.3<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 8.7 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Теоретические основы гетерогенных реакций /Ср/  | 2 | 8 | ОПК-2-31             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |
| 8.8 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas:Влияние скорости адсорбции на скорость технологических процессов. /Ср/   | 2 | 8 | ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
| 8.9 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Способы повышения и понижения поверхностного натяжения. Связь поверхностного натяжения и адсорбции. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-1-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |  |
|     | <b>Раздел 9. Химическая кинетика и катализ</b>   |   |   |                      |                                      |  |  |  |

|     |   |   |    |                      |   |  |  |    |
|-----|---|---|----|----------------------|---|--|--|----|
| 9.1 | Кинетика гомогенных реакций. Скорость реакции. Молекулярность и порядок реакции. Закон действия масс и кинетические уравнения реакции. Константа скорости. Реакции первого, второго и третьего порядка. /Лек/   | 2 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |    |
| 9.2 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Методы определения порядка реакции. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Теория активных соударений. Цепные реакции /Ср/   | 2 | 1  | ОПК-2-В1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л3.2<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |    |
| 9.3 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Кинетика гетерогенных реакций. Гетерогенные реакции в металлургическом производстве. Многостадийность процессов. Внешняя массопередача. Скорость массопередачи. Применение теории размерности. П-теорема. Критерии подобия. Внутренняя массопередача. Топохимические реакции. /Ср/ | 2 | 10 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |    |
| 9.4 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Кинетика кристаллизации. Современная теория образования зародыша. Теория флуктуации. Термодинамические условия возникновения сферического зародыша /Ср/  | 2 | 6  | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 9.5 | Катализ. Общие свойства катализаторов. Гомогенный катализ. Гетерогенный катализ. Основные теории катализа /Ср/  | 2 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3              |  |  |    |
| 9.6 | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Химическая кинетика. Расчет константы скорости и порядка реакции. Графический метод /Ср/   | 2 | 2  | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3              |  |  |    |
| 9.7 | Кинетика. Энергия активации, влияние температуры на скорость реакции. Кинетика сложных реакций /Пр/   | 2 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л3.3<br>Э1 Э2 Э3              |  |  | Р8 |

|   |   |   |   |                                  |                                      |  |  |    |
|---|---|---|---|----------------------------------|--------------------------------------|--|--|----|
| 9.8   | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:выражение скорости реакции на основе закона действующих масс. Определение порядка реакции /Ср/   | 2 | 5 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |    |
| 9.9   | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Применение катализаторов в промышленности. Основы биологического ферментативного катализа. Старение твердых катализаторов. /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| <b>Раздел 10. Термодинамика необратимых процессов</b> |   |   |   |                                  |                                      |  |  |    |
| 10.1  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Основные определения. Термодинамические уравнения движения Онзагера. Основные постулаты. Перенос через барьер. Теоретическое обоснование термодинамики необратимых процессов /Ср/  | 2 | 8 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 10.2  | Определение скорости реакции йодирования ацетона /Лаб/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  | Р4 |
| <b>Раздел 11. Молекулярные спектры</b>                |   |   |   |                                  |                                      |  |  |    |
| 11.1  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Общая характеристика молекулярных спектров. Вращательные спектры. Вычисление моментов инерции и междуатомных расстояний. Колебания атомов в молекуле. Гармонические и ангармонические колебания. Колебательно-вращательные спектры. Спектры комбинационного рассеяния /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |    |
| 11.2  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Характеристика методов спектрального анализа /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |    |
| 11.3  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Строение вещества. Энергетическая схема строения атома /Ср/  | 2 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1             | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |    |

|   |   |   |    |                      |                              |  |     |  |
|---|---|---|----|----------------------|------------------------------|--|-----|--|
| 11.4  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Атомные и молекулярные спектры. Контрольная работа № 2 /Ср/                 | 2 | 2  | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У1 | Л1.1<br>Л1.3Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 11.5  | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle: Роль молекулярной спектроскопии в развитии промышленного производства. /Ср/ | 2 | 2  | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 |  | КМ2 |  |
| 11.6  | зачет/экзамен /Ср/  | 2 | 13 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 |  | КМ4 |  |
| <b>Раздел 12. Подготовка к контрольным мероприятиям и выполняемым работам</b> |   |   |    |                      |                              |  |     |  |
| 12.1  | Объем часов самостоятельной работы на подготовку к КМ /Ср/  | 2 | 8  | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У1 | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э3     |  |     |  |
| 12.2  | Объем часов самостоятельной работы на подготовку к ВР /Ср/  | 2 | 16 | ОПК-2-У1<br>ОПК-1-У2 | Л1.3Л2.1Л3.2<br>Э1 Э2 Э3     |  |     |  |

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

| Код КМ | Контрольное мероприятие | Проверяемые индикаторы компетенций | Вопросы для подготовки  |
|--------|-------------------------|------------------------------------|---|
| КМ1    | контрольная работа №1   | ОПК-1-У2                           | <p>Домашняя контрольная работа № 1 Домашняя контрольная работа № 1 Термодинамический анализ реакции</p> <p>Для реакции: ... (см. вариант задания) выполнить следующее:</p> <p>1.1.1. Составить уравнение зависимости от температуры величины <math>\Delta H</math> (Т), теплового эффекта <math>\Delta H</math> = f(T) и изменения энтропии <math>\Delta S</math> = f(T).</p> <p>1.1.2. Вычислить величины <math>\Delta H</math> при температурах: ... К. Полученные значения использовать при построении графиков в координатах <math>\Delta H</math> – Т; <math>\Delta S</math> – Т; <math>\ln K_p</math> – Т; и <math>1/T</math>.</p> <p>1.1.3. Дать термодинамический анализ реакции на основании полученных результатов.</p> <p>1.1.4. Пользуясь графиком <math>\ln K_p - 1/T</math>, вывести приближенное уравнение вида <math>\ln K_p = A/T + B</math>, где А, В – постоянные и оценить среднее значение теплового эффекта реакции в изученном интервале температур..</p> <p>1.2.1. Используя правило фаз Гиббса, для рассматриваемой системы определить количества фаз, независимых компонентов и число степеней свободы.</p> <p>1.2.2. Установить направление смещения состояния равновесия рассматриваемой системы при:</p> <p>а) увеличении давления (постоянная температура);<br/>б) увеличении температуры (постоянное давление).</p> <p>Выбор варианта задания производится по номеру в списке группы</p> |

|     |                       |          |  |
|-----|-----------------------|----------|--|
| КМ2 | контрольная работа №2 | ОПК-1-У1 | <p>Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Вычертите диаграмму состояния системы А-В в координатах температура – состав (мас-совая доля В). Диаграмму выберите соответственно варианту.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Укажите, какие химические соединения есть в системе, их число, характер плавления, химический состав.</li><li>• Отметьте линии ликвидуса, солидуса. Определите поля устойчивости фаз.</li><li>• Укажите, есть ли в системе линии безвариантных равновесий, и каким температурам они отвечают. Определите составы равновесных фаз и напишите уравнения превращений, протекающих при отводе тепла при каждой из указанных температур, отвечающих безвариантным равновесиям.</li><li>• Проследите за изменением фазового состояния сплавов, содержащих а и б (масс.%) вещества В соответственно при понижении температуры от <math>t_1</math> до <math>t_2</math>.</li><li>• Изобразите справа от диаграммы с одинаковым масштабом по температуре и произвольным по времени схематический вид охлаждения этих сплавов.</li><li>• Рассчитайте массу жидкой фазы и количества вещества В в ней, если общая масса сплава N кг, температура <math>t_3</math>, а суммарное содержание В в смеси фаз составляет в (в масс.%).</li></ul> |
|-----|-----------------------|----------|--|

|     |         |                   |   |
|-----|---------|-------------------|---|
| КМЗ | экзамен | ОПК-1-У2;ОПК-2-У1 | <p>Теоретические вопросы и практические задания</p> <p>Раздел 1. Химическая термодинамика.</p> <p>1. Основные понятия термодинамики. Функции состояния и функции процесса.<br/>Внутренняя энергия, энтальпия, теплота, работа.</p> <p>2. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Вычисление работы системы в процессах: изобарном, изохорном, изотермическом, адиабатическом.</p> <p>3. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры.</p> <p>4. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса. Теплоты образования, сгорания, агрегатных превращений, растворения, нейтрализации.</p> <p>5. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгофа.</p> <p>6. Процессы самопроизвольные, обратимые и необратимые. Термодинамическая вероятность. Равновесие как наиболее вероятное состояние системы.</p> <p>7. Аналитическое выражение и формулировка второго закона термодинамики.<br/>Энтропия как мера вероятности. Вычисление изменения энтропии в различных процессах.</p> <p>8. Термодинамические функции и связь между ними. Свободная энергия при постоянном объеме (энергия Гельмгольца) и при постоянном давлении (энергия Гиббса) как мера работоспособности системы и критерий направленности процесса.</p> <p>9. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.</p> <p>Раздел 2. Химическое равновесие</p> <p>1. Константа равновесия и способы ее выражения. Расчет состава равновесной смеси и выхода продукта.</p> <p>2. Химические реакции в гетерогенных системах. Константа равновесия гетерогенной реакции.</p> <p>3. Расчет равновесий по таблицам стандартных значений термодинамических функций.</p> <p>Раздел 3. Теория растворов</p> <p>1. Парциальные молярные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема.</p> <p>2. Идеальные растворы. Разбавленные растворы. Законы разбавленных растворов.</p> <p>3. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри. Растворимость газов в металлах. Закон Рауля.</p> <p>4. Закон распределения.</p> <p>5. Реальные растворы. Термодинамическая активность.</p> <p>Раздел 4. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах</p> <p>1. Основные понятия: фаза, компонент, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса.</p> <p>2. Диаграмма состояния однокомпонентной системы.</p> <p>3. Кривые охлаждения. Диаграммы двухкомпонентных систем: с постоянной эвтектикой; с ограниченной и неограниченной растворимостью в твердом состоянии; с образованием устойчивых и неустойчивых химических соединений.</p> <p>Раздел 5. Основы статистической термодинамики</p> <p>1. Фазовое пространство. Закон распределения Больцмана.</p> <p>2. Распределение молекул газа по импульсам и координатам.</p> <p>3. Закон распределения энергии по степеням свободы. Квантовая теория теплоемкости.</p> <p>4. Вычисление термодинамических функций и константы</p> |
|-----|---------|-------------------|---|

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | равновесия с использованием сумм состояний. |
|--|--|--|---|

|     |       |                   |   |
|-----|-------|-------------------|---|
| КМ4 | зачет | ОПК-1-У2;ОПК-2-У1 | <p>Теоретические вопросы и практические задания экзаменационных билетов для проведения зачета в устной форме</p> <p>Зачет (3 семестр)</p> <p>Раздел 1. Химическая термодинамика.</p> <p>1. Основные понятия термодинамики. Функции состояния и функции процесса.<br/>Внутренняя энергия, энтальпия, теплота, работа.</p> <p>2. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Вычисление работы системы в процессах: изобарном, изохорном, изотермическом, адиабатическом.</p> <p>3. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры.</p> <p>4. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса. Теплоты образования, сгорания, агрегатных превращений, растворения, нейтрализации.</p> <p>5. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгофа.</p> <p>6. Процессы самопроизвольные, обратимые и необратимые. Термодинамическая вероятность. Равновесие как наиболее вероятное состояние системы.</p> <p>7. Аналитическое выражение и формулировка второго закона термодинамики.<br/>Энтропия как мера вероятности. Вычисление изменения энтропии в различных процессах.</p> <p>8. Термодинамические функции и связь между ними. Свободная энергия при постоянном объеме (энергия Гельмгольца) и при постоянном давлении (энергия Гиббса) как мера работоспособности системы и критерий направленности процесса.</p> <p>9. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.</p> <p>Раздел 2. Химическое равновесие</p> <p>1. Константа равновесия и способы ее выражения. Расчет состава равновесной смеси и выхода продукта.</p> <p>2. Химические реакции в гетерогенных системах. Константа равновесия гетерогенной реакции.</p> <p>3. Расчет равновесий по таблицам стандартных значений термодинамических функций.</p> <p>Раздел 3. Теория растворов</p> <p>1. Парциальные молярные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема.</p> <p>2. Идеальные растворы. Разбавленные растворы. Законы разбавленных растворов.</p> <p>3. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри. Растворимость газов в металлах. Закон Рауля.</p> <p>4. Закон распределения.</p> <p>5. Реальные растворы. Термодинамическая активность.</p> <p>Раздел 4. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах</p> <p>1. Основные понятия: фаза, компонент, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса.</p> <p>2. Диаграмма состояния однокомпонентной системы.</p> <p>3. Кривые охлаждения. Диаграммы двухкомпонентных систем: с постройкой эвтектикой; с ограниченной и неограниченной растворимостью в твердом состоянии; с образованием устойчивых и неустойчивых химических соединений.</p> <p>Раздел 5. Основы статистической термодинамики</p> <p>1. Фазовое пространство. Закон распределения Больцмана.</p> <p>2. Распределение молекул газа по импульсам и координатам.</p> <p>3. Закон распределения энергии по степеням свободы.</p> |
|-----|-------|-------------------|---|

|   |   |                                    | Квантовая теория теплоемкости.<br>4. Вычисление термодинамических функций и константы равновесия с использованием  |
|---|---|------------------------------------|--|
| <b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b> |   |                                    |  |
| Код работы  | Название работы   | Проверяемые индикаторы компетенций | Содержание работы  |
| P1  | лабораторная работа №1<br>Определение теплоты растворения буры                        | ОПК-1-У1;ОПК-2-31                  | 1. Закон Гесса и следствия из него.<br>2. Понятие теплоемкости, единицы измерения, физический смысл.<br>3. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.   |
| P2  | лабораторная работа №2<br>Изучение равновесия гомогенной реакции в растворе           | ОПК-2-31                           | 1. Сформулируйте принцип Ле-Шателье.<br>2. Какие факторы влияют на смещение химического равновесия?<br>3. Выразите константу равновесия для заданной гомогенной реакции.<br>4. Выразите константу равновесия для заданной гетерогенной реакции.<br>5. Как найти константу равновесия экспериментально?<br>6. Как связана константа равновесия с термодинамическими величинами? |
| P3  | лабораторная работа №3<br>Построение диаграммы плавкости системы нафталиндифенила мин | ОПК-2-У1                           | 1. Правило фаз Гиббса. Расчет степеней свободы системы в заданных точках.<br>2. Установление фазового состава области фазовой диаграммы.<br>3. Кривые охлаждения по фазовой диаграмме.<br>4. Метод построения фазовой диаграммы по кривым охлаждения. Сущность метода<br>5. Решение задач по правилу рычага.   |
| P4  | лабораторная работа №4<br>Определение скорости реакции йодирования ацетона            | ОПК-1-У1                           | 1. Записать уравнение реакции йодирования ацетона.<br>2. Записать выражение скорости реакции.<br>3. Определить порядок реакции. Графический метод.<br>4. Методика экспериментальной работы   |
| P5  | практическое занятие №1   | ОПК-1-У2                           | Закон Гесса. Расчет тепловых эффектов реакции. Энтальпийный фактор. Зависимость энтальпии от температуры. Закон Кирхгоффа.   |
| P6  | практическое занятие №2   | ОПК-2-31                           | Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Направленность химических процессов. Зависимость от независимых параметров. Контрольная работа № 1  |
| P7  | практическое занятие №3   | ОПК-2-31                           | Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Moodle:Термодинамический анализ реакции. Практическое применение закона Кирхгоффа. Расчет функций через постоянные интегрирования. Использование программы Excel.  |
| P8  | практическое занятие №5   | ОПК-2-У1                           | Кинетика. Энергия активации, влияние температуры на скорость реакции. Кинетика сложных реакций   |

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (билеты, тесты и т.п.)

Экзаменационный билет №0

- Сравните формулы выражения закона Рауля для растворов неэлектролитов и электролитов. Поясните физический смысл изотонического коэффициента.
- Сформулируйте основной постулат формальной кинетики. Для уравнения  $A + 2B = 3D + C$  запишите выражение скорости прямой реакции, определите общий порядок реакции.
- Чистая вода кипит при температуре 373К. При какой температуре будет кипеть раствор хлорида кальция, содержащий 3,291г в 100 г воды. Эбуллиоскопическая постоянная воды равна 0,516, степень диссоциации хлорида кальция 0,68.

Примерный билет домашней работы № 1

Термодинамический анализ реакции

1. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ

1.1. Исследование 1

Для реакции: ... (см. вариант задания)

выполнить следующее:

1.1.1. Составить уравнение зависимости от температуры величины  $\Delta G = f(T)$ , теплового эффекта  $\Delta H = f(T)$  и изменения энтропии  $\Delta S = f(T)$ .

1.1.2. Вычислить величины  $\Delta G$  при температурах:

... К. Полученные значения использовать при построении графиков в координатах  $\Delta G - T$ ;  $\Delta H - T$ ;  $\Delta S - T$ ;  $\ln K_p - T$ ; и  $\Delta G - 1/T$ .

1.1.3. Дать термодинамический анализ реакции на основании полученных результатов.

1.1.4. Пользуясь графиком  $\ln K_p - 1/T$ , вывести приближенное уравнение вида

$\ln K_p = A/T + B$ , где A, B – постоянные и оценить среднее значение теплового эффекта реакции в изученном интервале температур..

1.2. Исследование 2

1.2.1. Используя правило фаз Гиббса, для рассматриваемой системы определить количества фаз, независимых компонентов и число степеней свободы.

1.2.2. Установить направление смещения состояния равновесия рассматриваемой системы при:

а) увеличении давления (постоянная температура);

б) увеличении температуры (постоянное давление).

Примерный билет домашней работы № 2

Тема: Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах.

Вычертите диаграмму состояния системы А-В в координатах температура – состав (массовая доля В). Диаграмму выберите соответственно варианту.

- Укажите, какие химические соединения есть в системе, их число, характер плавления, химический состав.
- Отметьте линии ликвидуса, солидуса. Определите поля устойчивости фаз.
- Укажите, есть ли в системе линии безвариантных равновесий, и каким температурам они отвечают. Определите составы равновесных фаз и напишите уравнения превращений, протекающих при отводе тепла при каждой из указанных температур, отвечающих безвариантным равновесиям.
- Проследите за изменением фазового состояния сплавов, содержащих а и б (масс.%) вещества В соответственно при понижении температуры от  $t_1$  до  $t_2$ .
- Изобразите справа от диаграммы с одинаковым масштабом по температуре и произвольным по времени схематический вид охлаждения этих сплавов.
- Рассчитайте массу жидкой фазы и количества вещества В в ней, если общая масса сплава N кг, температура  $t_3$ , а суммарное содержание В в смеси фаз составляет  $w$  (в масс.%).

Зачет и экзамен может быть проведен дистанционно в системе LMS Moodle в виде тестирования

#### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

При оценке результатов защиты отчетов по лабораторным работам используется бинарная система, которая предусматривает следующие результаты и критерии оценивания:

«зачтено» Выполнены все задания лабораторной работы, студент ответил на все контрольные вопросы

«не зачтено» Студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы, студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

В системе оценки знаний, умений и навыков по результатам проведения контрольной работы используются следующие критерии:

Результат оценивания Критерии оценки

«Отлично» За полное овладение содержанием учебного материала, владение понятийным аппаратом, умение решать практические задачи, грамотное, логичное изложение ответа.

«Хорошо» Если студент полно освоил учебный материал, владеет понятийным аппаратом, осознанно применяет знания для решения практических задач, грамотно излагает ответ, но содержание и форма ответа имеют некоторые неточности

«Удовлетворительно» Если студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, в применении знаний для решения практических задач, не умеет доказательно обосновать свои суждения

«Неудовлетворительно» Если студент имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, искажает их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал, не может применять знания для решения практических задач; за полное незнание и непонимание учебного материала или отказ отвечать

Критерии оценки ответов на зачете, проводимом в устной форме

Оценка «Отлично» ставится, если

- на теоретические вопросы даны развернутые ответы, при необходимости изложен математический аппарат (формулы, графики и т.д.) приведены соответствующие схемы, таблицы, рисунки и т.д., правильно решена задача

- обучающийся хорошо ориентируется в материале, владеет терминологией, приводит примеры, обосновывает, анализирует, высказывает свою точку зрения по анализируемым явлениям и процессам, правильно применяет полученные знания при решении практических задач. Ответы излагаются свободно, уверенно без использования листа устного опроса

Оценка «Хорошо» ставится, если

- на теоретические вопросы даны полные ответы, но имела место неточность в определении каких-либо понятий, явлений и т.д. Задача решена.

- обучающийся ориентируется в материале хорошо, но допускает ошибки при формулировке, описании отдельных категорий

Оценка «Удовлетворительно» ставится, если

- на теоретические вопросы даны общие неполные ответы

- обучающийся слабо ориентируется в материале, не может решать задачи, не может привести пример, не может анализировать и обосновывать

Оценка «Неудовлетворительно» ставится, если

- не решена задача и правильный ответ дан на один вопрос (либо ни на один)

- обучающийся в материале дисциплины практически не ориентируется, т.е. не может дать даже общих сведений по вопросу.

Критерии оценки экзамена, проводимого в дистанционной форме в LMS Moodle

85 ≤ Процент верных ответов ≤ 100 - отлично

70 ≤ Процент верных ответов < 84 - хорошо

50 ≤ Процент верных ответов < 69 – удовлетворительно

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители                                | Заглавие  | Библиотека | Издательство, год     |
|------|--|---|------------|-----------------------|
| Л1.1 | Жуховицкий А.А.,<br>Шварцман Л.А.                  | Физическая химия: Учебник                                 |            | М.: Металлургия, 2001 |
| Л1.2 | В.В. Буданов, Т.Н.<br>Ломова, В.В. Рыбкин          | Химическая кинетика:<br>учебное пособие                   |            | Лань, 2014            |
| Л1.3 | К.С. Пономарева, В.<br>Г. Гуля, Г.С.<br>Никольский | Сборник задач по физической<br>химии: учебно-методическое |            | М.: МИСИС, 2007       |

##### 6.1.2. Дополнительная литература

|  | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|--|---------------------|----------|------------|-------------------|
|--|---------------------|----------|------------|-------------------|

|      | Авторы, составители           | Заглавие   | Библиотека | Издательство, год |
|------|-------------------------------|--|------------|-------------------|
| Л2.1 | Б.С. Бокштейн, М.И. Менделлев | Краткий курс физической химии: учебно-методическая |            | М.: МИСИС, 2002   |

### 6.1.3. Методические разработки

|      | Авторы, составители                       | Заглавие   | Библиотека | Издательство, год     |
|------|---|--|------------|-----------------------|
| Л3.1 | В.И. Грызунов, Л.Ф. Серженко, В.А. Шамова | Сборник задач по физической химии: учебно-методическая                 |            | М.: Учеба, 2003       |
| Л3.2 | В.И. Грызунов, Л.Ф. Серженко              | Физическая химия: лабораторный практикум                               |            | Новотроицк, 2000      |
| Л3.3 | Е.В. Нефедова                             | Физическая химия Ч.1. Химическая термодинамика: лабораторный практикум |            | НФ НИТУ "МИСиС", 2012 |

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

|    |   |                     |
|----|---|---------------------|
| Э1 | НФ НИТУ "МИСиС"                           | www.nf.misis.ru     |
| Э2 | КиберЛенинка                              | www.cyberleninka.ru |
| Э3 | Российская научная электронная библиотека | www.elibrary.ru     |

### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |  |
|-----|--|
| П.1 | Microsoft Office Standard 2007 Russian OpenLicensePack NoLevel Acdmc |
| П.2 | Браузер Google Chrome  |
| П.3 | Microsoft Teams  |
| П.4 | Zoom   |
| П.5 | Браузер Yandex   |

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение   | Вид | Оснащение   |
|------|--|-----|---|
| 133  | Учебная аудитория для занятий лекционного типа, практических занятий | Лек | 1 шт. - Системный блок Intel Core;<br>1 шт. - Монитор LCD;<br>1 шт. - Экран настенный 200x200;<br>1 шт. - Веб камера Logitech;<br>1 шт. - Проектор Acer P1266;<br>1 шт. - Подвес для проектора;<br>1 шт. - Ученическая доска;<br>28 шт. - Стол студенческий;<br>1 шт. - Стол преподавательский;<br>56 шт. - Стул;<br>16 шт. - Жалюзи. |
| 134  | Учебная аудитория для занятий лекционного типа, практических занятий | Пр  | 1 шт. - Компьютер в сборе;<br>1 шт. - Проектор Acer с потолочным креплением;<br>1 шт. - Экран на штативе;<br>1 шт. - Веб камера Logitech;<br>1 шт. - Ученическая доска;<br>19 шт. - Стол студенческий;<br>37 шт. - Стул;<br>3 шт. - Жалюзи.   |

|     |                             |     |   |
|-----|-----------------------------|-----|---|
| 140 | Учебная лаборатория "Химия" | Лаб | <p>1 шт. - Комплект оборудования для лаборатории общей и неорганической химии НФ НИТУ МИСиС 04.2.3.0163; 1 шт.</p> <p>(Стол-мойка двойная СМСП 1200, 2 шт., стол лабораторный с ящиками СЛЯ 1200, 6 шт., табурет лабораторный 20 шт., стеллаж для халатов, 1 шт., штатив лабораторный металлический для бюреток ПЭ, 5 шт., штатив лабораторный для закрепления химической посуды и оборудования, 10 шт., весы электронные ВУЛ-200, 1 шт., весы аналитические АВ-210-01, 1 шт., плитка нагревательная электрическая ПЭЛ, 4шт., дистиллятор лабораторный, 1 шт., рН-метр стационарный ЭКСПЕРТ-001-3, 4 шт., доска меловая, 1 шт., термометр электронный портативный ИТ-15 17К, 15 шт., магнитная мешалка ПЭ-6100, 15 шт., сосуд калориметрический для проведения лабораторных работ по термохимии, 15 шт., щипцы тигельные, 15 шт., набор моделей кристаллических структур для демонстраций, 1 шт., таймер электронный цифровой портативный RSTO4167, 1 шт., коллекция минералов и образцов металлов для демонстраций, 15 шт., термометр ТБ-37, 1 шт, барометр ББ-05М настенный, 1 шт., таблица Менделеева настенная, 1 шт., таблица растворимости настенная, 1 шт., набор ареометров в контейнере для хранения АОН-1, 1 шт., рефрактометр цифровой ПЭ-5200, 2шт.)</p> <p>1 шт. - Аквадистиллятор ДЭ-25СПб;<br/> 1 шт. - Магнитная мешалка 04.2.3.0006;<br/> 1 шт. - Микроанометр ММН-240;<br/> 1 шт. - Печь камерная нагревательная "ПМ-1000";<br/> 2 шт. - Мойка лабораторная ЛК-1200;<br/> 1 шт. - Газоанализатор процессов горения портативный Testo-300М;<br/> 1 шт. - Фотоколориметр КФК-3КМ;<br/> 2 шт. - Вискозиметр ВПЖ-4 1.12;<br/> 1 шт. - Вискозиметр ВПЖ-1 0.34.</p> |
|-----|-----------------------------|-----|---|

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для успешного освоения курса «Физическая химия» необходимо посещать все виды учебных занятий (лекции, практики, лабораторные работы и консультации) и выполнять следующие правила обучения:

1. На лекцию следует приходить без опозданий, подготовленным, предварительно выучив материал предыдущей лекции. Если даже после Вашей предварительной подготовки у Вас возникают трудности в понимании материала, необходимо задавать вопросы лектору по ходу объяснения.
2. На практическое занятие следует приходить подготовленным: с тетрадью для практических работ, задачиком, тетрадью для лекций. Предварительно следует выучить теоретический материал по теме практического занятия, быть готовым к самостоятельной работе. В случае пропуска практического занятия – ознакомьтесь с решенными задачами самостоятельно или при помощи своих товарищей. Помните, что подобные задачи Вам надо научиться решать, чтобы, во-первых, защитить лабораторные работы; во-вторых, решить контрольную работу; в-третьих – получить зачет.
3. На лабораторную работу следует приходить подготовленным: с лабораторным журналом и халатом. Вам также могут потребоваться карандаш, линейка, инженерный калькулятор. Помните, что своевременное выполнение и защита лабораторных работ – Ваш допуск к зачету. Согласно списку лабораторных работ, следует своевременно, то есть до лабораторной работы оформлять лабораторный журнал. Помните, что лабораторные работы проводятся по скользящему графику, поэтому описывать их в журнале следует попарно, например 1 и 2; затем 3 и 4. Преподаватель оставляет за собой право не допустить Вас к работе, если Вы пришли не подготовленным!

Освоение дисциплины предполагает как проведение традиционных аудиторных занятий, так и работу в электронной информационно-образовательной среде НИТУ «МИСиС» (ЭИОС), частью которой непосредственно предназначенной для осуществления образовательного процесса является Электронный образовательный ресурс LMS Moodle. Он доступен по

URL адресу <https://newlms.misis.ru/> и позволяет использовать специальный контент и элементы электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. LMS Moodle используется преимущественно для асинхронного взаимодействия между участниками образовательного процесса посредством сети «Интернет».

Чтобы эффективно использовать возможности LMS Moodle, а соответственно и успешно освоить дисциплину, нужно:

- 1) зарегистрироваться на курс. Для этого нужно перейти по ссылке ... Логин и пароль совпадает с логином и паролем от личного кабинета НИТУ МИСИС;
- 2) в рубрике «В начало» ознакомиться с содержанием курса, вопросами для самостоятельной подготовки, условиями допуска к аттестации, формой промежуточной аттестации (зачет/экзамен), критериями оценивания и др.;
- 3) в рубрике «Модули», заходя в соответствующие разделы изучать учебные материалы, размещенные преподавателем. В т.ч. пользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, переходя по ссылкам;
- 4) в рубрике «Библиотека» возможно подбирать для выполнения письменных работ (контрольные, домашние работы, курсовые работы/проекты) литературу, размещенную в ЭБС НИТУ «МИСИС»;
- 5) в рубрике «Задания» нужно ознакомиться с содержанием задания к письменной работе, сроками сдачи, критериями оценки. В установленные сроки выполнить работу(ы), подгрузить здесь же для проверки. Удобно называть файл работы следующим образом (название предмета (сокращенно), группа, ФИО, дата актуализации (при повторном размещении)). Например, Экономика Иванов И.И. БМТ-19 20.04.2020. Если работа содержит рисунки, формулы, то с целью сохранения форматирования ее нужно подгружать в pdf формате.

Работа, подгружаемая для проверки, должна:

- содержать все структурные элементы: титульный лист, введение, основную часть, заключение, список источников, приложения (при необходимости);
- быть оформлена в соответствии с требованиями.

Преподаватель в течение установленного срока (не более десяти дней) проверяет работу и размещает в комментариях к заданию рецензию. В ней он указывает как положительные стороны работы, так замечания. При наличии в рецензии замечаний и рекомендаций, нужно внести поправки в работу, подгрузить ее заново для повторной проверки. При этом важно следить за сроками, в течение которых должно быть выполнено задание. При нарушении сроков, указанных преподавателем возможность подгрузить работу остается, но система выводит сообщение о нарушении сроков. По окончании семестра подгрузить работу не получится;

- 6) в рубрике «Тесты» пройти тестовые задания, освоив соответствующий материал, размещенный в рубрике «Модули»;
- 7) в рубрике «Оценки» отслеживать свою успеваемость;
- 8) в рубрике «Объявления» читать объявления, размещаемые преподавателем, давать обратную связь;
- 9) в рубрике «Обсуждения» создавать обсуждения и участвовать в них (обсуждаются общие моменты, вызывающие вопросы у большинства группы). Данная рубрика также может быть использована для взаимной проверки;
- 10) проявлять регулярную активность на курсе.

Преимущественно для синхронного взаимодействия между участниками образовательного процесса посредством сети «Интернет» используется Microsoft Teams (MS Teams). Чтобы полноценно использовать его возможности нужно установить приложение MS Teams на персональный компьютер и телефон. Старостам нужно создать группу в MS Teams.

Участие в группе позволяет:

- слушать лекции;
- работать на практических занятиях;
- быть на связи с преподавателем, задавая ему вопросы или отвечая на его вопросы в общем чате группы в рабочее время с 9.00 до 17.00;
- осуществлять совместную работу над документами (вкладка «Файлы»).

При проведении занятий в дистанционном синхронном формате нужно всегда работать с включенной камерой.

Исключение – если преподаватель попросит отключить камеры и микрофоны в связи с большими помехами. На аватарках должны быть исключительно деловые фото.

При проведении лекционно-практических занятий ведется запись. Это дает возможность просмотра занятия в случае невозможности присутствия на нем или при необходимости вновь обратиться к материалу и заново его просмотреть.