

Документ подписан простой электронной подписью  
 Информация о владельце:  
 ФИО: Котова Лариса Анатольевна  
 Должность: Директор филиала  
 Дата подписания: 21.08.2025 15:18:33  
 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

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Физическая химия**

Закреплена за подразделением Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Квалификация **Бакалавр**  
 Форма обучения **очная**  
 Общая трудоемкость **7 ЗЕТ**

|                         |     |   |
|-------------------------|-----|---|
| Часов по учебному плану | 252 | Формы контроля в семестрах:<br>зачет 3<br>зачет с оценкой 4 |
| в том числе:            |     |   |
| аудиторные занятия      | 127 |   |
| самостоятельная работа  | 125 |   |

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 3 (2.1) |     | 4 (2.2) |     | Итого |     |
|---|---------|-----|---------|-----|-------|-----|
|   | УП      | РП  | УП      | РП  |       |     |
| Неделя                                    | 19      |     | 20      |     |       |     |
| Вид занятий                               | УП      | РП  | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 17      | 17  | 19      | 19  | 36    | 36  |
| Лабораторные                              | 17      | 17  | 19      | 19  | 36    | 36  |
| Практические                              | 17      | 17  | 38      | 38  | 55    | 55  |
| В том числе инт.                          | 23      | 23  | 23      | 23  | 46    | 46  |
| Итого ауд.                                | 51      | 51  | 76      | 76  | 127   | 127 |
| Контактная работа                         | 51      | 51  | 76      | 76  | 127   | 127 |
| Сам. работа                               | 93      | 93  | 32      | 51  | 125   | 144 |
| В том числе сам.<br>работа в рамках ФОС   |         | 34  |         | 36  |       |     |
| Итого                                     | 144     | 144 | 108     | 127 | 252   | 271 |

Программу составил(и):

*к.п.н, Доцент, Нефедова Е.В.*

Рабочая программа

**Физическая химия**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 02.04.2021 г. № 119о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

18.03.01 Химическая технология, 18.03.01\_25\_ХимТехнология\_ПрПЭиУМ.plx Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 25.12.2024, протокол № 58

Утверждена в составе ОПОП ВО:

18.03.01 Химическая технология, Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 25.12.2024, протокол № 58

Рабочая программа одобрена на заседании

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

Протокол от 12.03.2025 г., №3

Руководитель подразделения к.п.н., доцент А.В.Швалева

**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      | Учебная практика  |      |
| 2.1.2      | Химия   |      |
| 2.1.3      | 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      | Аналитическая химия и физико-химические методы анализа  |      |
| 2.2.2      | Химическая технология полимерных соединений   |      |
| 2.2.3      | Моделирование химико-технологических процессов  |      |
| 2.2.4      | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |      |

**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>Владеть:</b>  |
| ОПК-2-В1 методами лабораторного исследования скорости химических реакций; построения фазовых диаграмм; изучения состояния равновесия   |
| ОПК-2-В2 Владеть: 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 | Введение. Предмет и содержание физической химии. Основные разделы. История развития физической химии. Методы физической химии: термодинамический, статистический и квантовомеханический. Значение физической химии для металлургии. /Лек/   | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1 | Л1.1<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/ | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2 | Л1.1Л2.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |

|     |   |   |   |                                  |                               |                |  |     |
|-----|---|---|---|----------------------------------|-------------------------------|----------------|--|-----|
| 1.3 | 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. /Лек/ | 3 | 2 | ОПК-2-В2<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3  |                |  |     |
| 1.4 | №1 Первый закон термодинамики. Расчет работы газа в различных термодинамических процессах: изобарном, изохорном, изотерическом, адиабатном. Понятие молярной и удельной теплоемкостей. /Пр/   | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.3Л2.3Л3.1<br>1<br>Э1 Э2 Э3 |                |  | P18 |
| 1.5 | Закон Гесса. Расчет тепловых эффектов реакции. Энтальпийный фактор. Зависимость энтальпии от температуры. Закон Кирхгоффа. /Пр/   | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3          |                |  | P19 |
| 1.6 | №3 Второй закон термодинамики. Энтропийный фактор. Изменение энтропии в сложных физико-химических процессах. Зависимость энтропии от температуры и объема. /Пр/   | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3  |                |  | P20 |
| 1.7 | №4 Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Направленность химических процессов. Зависимость от независимых параметров. /Пр/  | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.3<br>Э2 Э3                 |                |  | P21 |
| 1.8 | №1 Определение теплоты растворения соли в воде /Лаб/  | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3         | работа в парах |  | P1  |

|      |  |   |   |                                  |                              |                |  |     |
|------|--|---|---|----------------------------------|------------------------------|----------------|--|-----|
| 1.9  | Определение теплоты растворения буры /Лаб/   | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л1.1Л3.2<br>Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 | работа в парах |  | Р2  |
| 1.10 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе:Следствия из закона Гесса. Расчет теродинамических функций при стандартных условиях /Ср/   | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3             |                |  |     |
| 1.11 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе:Термодинамический анализ реакции. Практическое применение закона Кирхгоффа. Расчет функций через постоянные интегрирования. Использование программы Excel. /Ср/  | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3             |                |  |     |
|      | <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/ | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Л1.2Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 |                |  |     |
| 2.2  | Тепловая теорема Нернста. Постулат Планка. Вычисление абсолютных значений энтропии. Расчет равновесий по таблицам стандартных значений термодинамических функций /Лек/   | 3 | 2 | ОПК-2-В2<br>ОПК-1-У2             | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |                |  |     |
| 2.3  | №5 Химическое равновесие в однокомпонентных системах и простых смесях. /Пр/  | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.3<br>Э1 Э2 Э3             |                |  | Р22 |
| 2.4  | Изучение равновесия гомогенной реакции в растворе /Лаб/  | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л1.1<br>Л1.2Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |                |  | Р3  |
| 2.5  | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе:Расчет состава равновесной смеси газов при изменении температуры и общего давления. Смещение химического равновесия по принципу Ле-Шателье. /Ср/   | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.2<br>Э1 Э2 Э3             |                |  |     |

|     | <b>Раздел 3. Теория растворов.</b>   |   |    |                                  |                              |                |  |     |
|-----|--|---|----|----------------------------------|------------------------------|----------------|--|-----|
| 3.1 | 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. /Лек/ | 3 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |                |  |     |
| 3.2 | №6 Теория растворов. Равновесие между раствором и паром растворителя. Закон Рауля, закон Генри, следствия. Выражения концентраций растворов. /Пр/  | 3 | 1  | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.2Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 |                |  | Р23 |
| 3.3 | №7 Парциальные молярные величины. Закон Гиббса-Дюгема. /Пр/  | 3 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.1 Л1.2<br>Э1 Э2 Э3        |                |  | Р24 |
| 3.4 | Определение парциальных молярных объемов компонентов раствора /Лаб/  | 3 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л3.2<br>Э1 Э2 Э3             | работа в парах |  | Р4  |
| 3.5 | Распределение растворенного вещества между двумя несмешивающимися растворителями /Лаб/   | 3 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л3.2<br>Э1 Э2 Э3             | работа в парах |  | Р5  |
| 3.6 | Определение молекулярного веса растворенного вещества по понижению температуры замерзания раствора /Лаб/   | 3 | 3  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л3.2<br>Э1 Э2 Э3             | работа в парах |  | Р6  |
| 3.7 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе:Выражение концентраций растворов. Решение расчетных задач. /Ср/  | 3 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Э1 Э2 Э3                     |                |  |     |
| 3.8 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе:Расчет задач на понижение и повышение температур замерзания и кипения растворов. Применение законов Генри и Рауля. /Ср/  | 3 | 14 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | 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/   | 3 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 |                  |  |     |
| 4.2 | 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 /Лек/ | 3 | 1  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 |                  |  |     |
| 4.3 | №8 Химическое равновесие в двухкомпонентных системах. Фазовые диаграммы. Построение и интерпретация фазовых диаграмм. /Пр/  | 3 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 | работа в группах |  | P25 |
| 4.4 | Построение диаграммы плавкости системы нафталин-дифениламин /Лаб/   | 3 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л2.1Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 | работа в группах |  | P7  |
| 4.5 | Термический анализ двухкомпонентной системы /Лаб/   | 3 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л2.1Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 | работа в группах |  | P8  |
| 4.6 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Применение правила рычага к решению практических задач /Ср/  | 3 | 12 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 |                  |  |     |
| 4.7 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Чтение диаграммы "железо-цементит". построение кривых охлаждения, решение задач. /Ср/  | 3 | 12 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л2.1<br>Э1 Э2 Э3     |                  |  |     |
|     | <b>Раздел 5. Основы статистической термодинамики.</b>   |   |    |                                  |                      |                  |  |     |

|                               |   |   |   |  |                              |  |  |     |
|-------------------------------|---|---|---|--|------------------------------|--|--|-----|
| 5.1                           | 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. /Лек/ | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2                                     | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3             |  |  |     |
| 5.2                           | №9 Статистический расчет молярной теплоемкости. Контрольная работа №1 /Пр/  | 3 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2                                     | Л1.1 Л1.3<br>Э1 Э2 Э3        |  |  | P26 |
| 5.3                           | Решение задач по статистической термодинамике Гиббса и Больцмана. /Ср/  | 3 | 9 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2                                     | Л1.1 Л1.3<br>Э1 Э2 Э3        |  |  |     |
| 5.4                           | зачет /Зачёт/   | 3 | 0 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2<br>ОПК-1-У1<br>ОПК-1-У2 |                              |  |  |     |
| <b>Раздел 6. Электрохимия</b> |   |   |   |  |                              |  |  |     |
| 6.1                           | Растворы электролитов. Энергия кристаллической решетки и энергия сольватации ионов. Сильные и слабые электролиты. Активность электролитов. Ионная сила раствора. Способы определения коэффициентов активности электролитов. /Лек/   | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2                                     | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |     |
| 6.2                           | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Растворы электролитов. Энергия кристаллической решетки и энергия сольватации ионов. Сильные и слабые электролиты. Активность электролитов. Ионная сила раствора. Способы определения коэффициентов активности электролитов. /Ср/   | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2                                     | Л1.1 Л1.3<br>Э1 Э2 Э3        |  |  |     |

|      |   |   |   |                                  |                              |                  |  |     |
|------|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|------------------|--|-----|
| 6.3  | №10 Удельная и эквивалентная электропроводности и их зависимость от концентрации. Подвижность ионов. Закон Кольрауша. Числа переноса. Практическое использование измерения электропроводности /Пр/  | 4 | 4 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |                  |  | P27 |
| 6.4  | Электродвижущие силы. Возникновение разности потенциалов на границе раздела фаз. Двойной электрический слой. Термодинамика гальванического элемента. Типы электродов. Электродные потенциалы. Стандартные потенциалы. Ряд напряжений. /Лек/ | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |                  |  |     |
| 6.5  | №11 Типы гальванических элементов: химические, концентрационные. Диффузионный потенциал. Определение термодинамических параметров путем измерения ЭДС. Кинетика электродных процессов. Электролиз. Поляризация. Перенапряжение /Пр/         | 4 | 4 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 | работа в группах |  | P28 |
| 6.6  | №12 Электрохимия. Электропроводность электролитов /Пр/  | 4 | 4 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         | работа в парах   |  | P29 |
| 6.7  | №13 Электрохимия. ЭДС гальванического элемента. Расчет термодинамических величин методом ЭДС /Пр/   | 4 | 4 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Л1.3Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 | работа в парах   |  | P30 |
| 6.8  | Определение среднего коэффициента активности сильного электролита в водном растворе по понижению температуры замерзания /Лаб/   | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л3.2<br>Э1 Э2 Э3             | работа в парах   |  | P9  |
| 6.9  | Определение электрохимического эквивалента меди /Лаб/   | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Э1 Э2 Э3                     | работа в парах   |  | P10 |
| 6.10 | Определение электропроводности и константы диссоциации слабого электролита /Лаб/  | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Э1 Э2 Э3                     | работа в парах   |  | P11 |
| 6.11 | Коррозия металлов в водных растворах кислот /Лаб/   | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Э1 Э2 Э3                     | работа в парах   |  | P12 |
| 6.12 | Определение эквивалентной электропроводности сильного электролита /Лаб/   | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Э1 Э2 Э3                     | работа в парах   |  | P13 |
| 6.13 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Основы теории электролитической диссоциации /Ср/   | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Э1 Э2 Э3                     |                  |  |     |

|      |   |   |    |                      |          |  |  |     |
|------|---|---|----|----------------------|----------|--|--|-----|
| 6.14 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Теоретические основы работы гальванических элементов. /Ср/   | 4 | 1  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2 | Э1 Э2 Э3 |  |  |     |
| 6.15 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Теоретические основы процессов окисления-восстановления. /Ср/  | 3 | 4  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2 | Э1 Э2 Э3 |  |  |     |
|      | <b>Раздел 7. Подготовка к контрольным мероприятиям и выполняемым работам</b>  |   |    |                      |          |  |  |     |
| 7.1  | Объем часов самостоятельной работы на подготовку к КМ /Ср/  | 3 | 0  |                      |          |  |  |     |
| 7.2  | Объем часов самостоятельной работы на подготовку к ВР /Ср/  | 3 | 34 |                      |          |  |  |     |
|      | <b>Раздел 8. Диффузия</b>   |   |    |                      |          |  |  |     |
| 8.1  | Явления переноса в газах, твердых телах, жидкостях. Теория диффузии. Законы Фика. Связь коэффициентов диффузии с подвижностью. Механизм диффузии в твердых телах и жидкостях /Лек/  | 4 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2 | Э1 Э2 Э3 |  |  |     |
| 8.2  | №14 Диффузия. Расчет коэффициента диффузии. Вязкость /Пр/   | 4 | 4  | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2 | Э1 Э2 Э3 |  |  | Р31 |
| 8.3  | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: роль процесса диффузии в производственных процессах. /Ср/  | 4 | 1  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2 | Э1 Э2 Э3 |  |  |     |
|      | <b>Раздел 9. Поверхностные явления и адсорбция</b>  |   |    |                      |          |  |  |     |
| 9.1  | 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. /Лек/ | 4 | 2  | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2 | Э1 Э2 Э3 |  |  |     |

|      |  |   |   |                                  |                       |                |  |     |
|------|--|---|---|----------------------------------|-----------------------|----------------|--|-----|
| 9.2  | 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 /Лек/ | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Э1 Э2 Э3              |                |  |     |
| 9.3  | №15 Адсорбция. Расчет коэффициента адсорбции. Графический метод определения адсорбции /Пр/   | 4 | 6 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Э1 Э2 Э3              |                |  | Р32 |
| 9.4  | Изучение адсорбции уксусной кислоты на поверхности древесного угля /Лаб/   | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 | работа в парах |  | Р14 |
| 9.5  | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Теоретические основы гетерогенных реакций /Ср/  | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3  |                |  |     |
| 9.6  | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Влияние скорости адсорбции на скорость технологических процессов. /Ср/  | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л2.1<br>Э1 Э2 Э3      |                |  |     |
| 9.7  | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Способы повышения и понижения поверхностного натяжения. Связь поверхностного натяжения и адсорбции. /Ср/  | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3  |                |  |     |
|      | <b>Раздел 10. Химическая кинетика и катализ</b>  |   |   |                                  |                       |                |  |     |
| 10.1 | 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/  | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2<br>ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.2<br>Э1 Э2 Э3 |                |  |     |
| 10.2 | Методы определения порядка реакции. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Теория активных соударений. Цепные реакции /Лек/  | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2<br>ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.2<br>Э1 Э2 Э3 |                |  |     |

|      |   |   |   |                      |                              |  |  |     |
|------|---|---|---|----------------------|------------------------------|--|--|-----|
| 10.3 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: 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/ | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2 | Л1.2<br>Э1 Э2 Э3             |  |  |     |
| 10.4 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Кинетика кристаллизации. Современная теория образования зародыша. Теория флуктуации. Термодинамические условия возникновения сферического зародыша /Ср/  | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2 | Л1.2Л2.1Л3.<br>1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |     |
| 10.5 | Катализ. Общие свойства катализаторов. Гомогенный катализ. Гетерогенный катализ. Основные теории катализа /Лек/   | 4 | 2 | ОПК-2-31             | Л2.1<br>Э1 Э2 Э3             |  |  |     |
| 10.6 | №16 Химическая кинетика. Расчет константы скорости и порядка реакции. Графический метод /Пр/  | 4 | 4 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2 | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  | Р33 |
| 10.7 | №17 Кинетика. Энергия активации, влияние температуры на скорость реакции. Кинетика сложных реакций /Пр/   | 4 | 6 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2 | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3             |  |  | Р34 |
| 10.8 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: выражение скорости реакции на основе закона действующих масс. Определение порядка реакции /Ср/   | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2 | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3             |  |  |     |
| 10.9 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Применение катализаторов в промышленности. Основы биологического ферментативного катализа. Старение твердых катализаторов. /Ср/  | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2 | Л2.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э3         |  |  |     |
|      | <b>Раздел 11.<br/>Термодинамика<br/>необратимых процессов</b>   |   |   |                      |                              |  |  |     |

|      |  |   |   |                                  |                              |  |     |     |
|------|--|---|---|----------------------------------|------------------------------|--|-----|-----|
| 11.1 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Основные определения. Термодинамические уравнения движения Онзагера. Основные постулаты. Перенос через барьер. Теоретическое обоснование термодинамики необратимых процессов /Ср/                         | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |     |
| 11.2 | Определение скорости реакции инверсии тростникового сахара /Лаб/   | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л3.2<br>Э1 Э2 Э3             |  |     | Р15 |
| 11.3 | Изучение скорости реакции омыления сложного эфира /Лаб/  | 4 | 3 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л3.2<br>Э1 Э2 Э3             |  |     | Р16 |
| 11.4 | Определение скорости реакции йодирования ацетона /Лаб/   | 4 | 3 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-2-В2 | Л3.2<br>Э1 Э2 Э3             |  |     | Р17 |
|      | <b>Раздел 12. Молекулярные спектры</b>   |   |   |                                  |                              |  |     |     |
| 12.1 | Общая характеристика молекулярных спектров. Вращательные спектры. Вычисление моментов инерции и межуатомных расстояний. Колебания атомов в молекуле. Гармонические и ангармонические колебания. Колебательно-вращательные спектры. Спектры комбинационного рассеяния /Лек/ | 4 | 4 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3             |  |     |     |
| 12.2 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Характеристика методов спектрального анализа /Ср/   | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3             |  |     |     |
| 12.3 | Строение вещества. Энергетическая схема строения атома<br>Контрольная работа №2 /Пр/   | 4 | 2 | ОПК-2-31<br>ОПК-1-У2             | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3             |  | КМ2 | Р34 |
| 12.4 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Атомные и молекулярные спектры. /Ср/  | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3             |  |     |     |
| 12.5 | Самостоятельное изучение учебного материала в электронном курсе: Роль молекулярной спектроскопии в развитии промышленного производства. /Ср/   | 4 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-В2             | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3             |  |     |     |
|      | <b>Раздел 13. Подготовка к контрольным мероприятиям и выполняемым работам</b>  |   |   |                                  |                              |  |     |     |

|      |  |   |    |  |  |  |  |  |
|------|--|---|----|--|--|--|--|--|
| 13.1 | Объем часов самостоятельной работы на подготовку к КМ /Ср/ | 4 | 2  |  |  |  |  |  |
| 13.2 | Объем часов самостоятельной работы на подготовку к ВР /Ср/ | 4 | 34 |  |  |  |  |  |

**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-У1;ОПК-1-У2;ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | <p>Примерные задания контрольной работы</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Сформулируйте первый закон термодинамики. Рассчитайте работу процесса растворения 24г магния в соляной кислоте в сосуде с поршнем, давление над которым 5 бар. Растворение происходит при 280С.</li> <li>В резервуаре объемом 2л находится азот (<math>C_p = 29.14 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}</math>) при температуре 200 К и давлении 0,5 бар. Какое количество тепла необходимо сообщить системе для увеличения давления до 3 бар? Чему равна температура T2?</li> <li>Теплоемкость: определение, физический смысл, способы выражения, единицы измерения. Выразите изменение теплоемкости химического процесса, выраженного уравнением реакции: <math>\text{CaCO}_3(\text{т}) = \text{CaO}(\text{т}) + \text{CO}_2(\text{г})</math>. Коэффициенты уравнения истинной теплоемкости для: <table border="1" data-bbox="721 577 1268 698"> <thead> <tr> <th></th> <th>a</th> <th>b*10<sup>3</sup></th> <th>c*10<sup>-5</sup></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CaCO<sub>3</sub> (т)</td> <td></td> <td>104,5</td> <td>21,92</td> <td>-25,94</td> </tr> <tr> <td>CaO(т)</td> <td>49,63</td> <td>4,52</td> <td>-6,95</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub>(г)</td> <td>44,14</td> <td>9,04</td> <td>-8,53</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>Истинная молярная теплоемкость кварца выражается уравнением:<br/> <math>C_p = 46,94 + 34,36 \cdot 10^3 T + 11,3 \cdot 10^5 T^2</math><br/> Вычислите, сколько теплоты потребуется для нагревания 500 кг кварца от 250С до 7500С.</li> <li>Сформулируйте второй закон термодинамики. Энтропия: физический смысл, единицы измерения. Чему равно изменение энтропии при переходе 1 моль азота от стандартных условий к температуре 200 0С и объему 50 л? <math>C_v(\text{N}_2) = 5/2R</math>.</li> <li>Сформулируйте закон Гесса и следствия из него. На основании следующих данных рассчитайте энтальпию образования этилена C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>:<br/> <math>\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_6</math> ; <math>\Delta H = 136,95 \text{ кДж/моль}</math><br/> <math>\text{C}_2\text{H}_6 + 7/2 \text{ O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}(\text{ж})</math> ; <math>\Delta H = 1559,84 \text{ кДж/моль}</math><br/> <math>\text{H}_2 + 1/2 \text{ O}_2 = \text{H}_2\text{O}(\text{ж})</math> ; <math>\Delta H = 285,84 \text{ кДж/моль}</math><br/> <math>\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2</math> ; <math>\Delta H = 393,51 \text{ кДж/моль}</math> </li> <li>Температурная зависимость константы равновесия K<sub>p</sub> реакции <math>2\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{CO}_2</math> выражается уравнением <math>\lg K_p = 11088/T - 3,113 \lg T - 2,85 \cdot 10^{-3} T - 13,22 \cdot 10^{-6} T^2 + 8,528</math> Найдите тепловой эффект этой реакции при температуре 250С.</li> <li>Объясните, как с помощью графического метода можно найти среднее значение эн-тальпии реакции в каком-либо интервале температур.</li> <li>Сформулируйте закон распределения. Запишите формулы для вычисления коэффициента распределения, если растворенное вещество в обоих растворителях имеет одинаковую молярную массу.</li> <li>Коэффициент распределения этилового спирта между четыреххлористым углеродом и водой равен 0,0244. Каковы будут молярные концентрации спирта в равновесных растворах, если 0.1 моль спирта распределяется между 300 мл воды и 500 мл четыреххлористого углерода ?</li> <li>Диаграмма плавкости системы CuCl<sub>2</sub> – FeCl<sub>3</sub> показана на рисунке:<br/><br/> <p>А) Обозначьте все области на этой диаграмме.<br/> Б) Начертите и объясните кривые охлаждения сплавов, содержащих 25, 45 и 55% хлорида железа.<br/> В) Вычислите, сколько хлорида железа выделится в твердом виде из 300 г 90% расплава при охлаждении его до 2800С?</p> </li> </ol> |        | a | b*10 <sup>3</sup> | c*10 <sup>-5</sup> |  | CaCO <sub>3</sub> (т) |  | 104,5 | 21,92 | -25,94 | CaO(т) | 49,63 | 4,52 | -6,95 |  | CO <sub>2</sub> (г) | 44,14 | 9,04 | -8,53 |  |
|-----------------------|-----------------------|--|---|--------|---|-------------------|--------------------|--|-----------------------|--|-------|-------|--------|--------|-------|------|-------|--|---------------------|-------|------|-------|--|
|                       | a                     | b*10 <sup>3</sup>                            | c*10 <sup>-5</sup>  |        |   |                   |                    |  |                       |  |       |       |        |        |       |      |       |  |                     |       |      |       |  |
| CaCO <sub>3</sub> (т) |                       | 104,5  | 21,92   | -25,94 |   |                   |                    |  |                       |  |       |       |        |        |       |      |       |  |                     |       |      |       |  |
| CaO(т)                | 49,63                 | 4,52   | -6,95   |        |   |                   |                    |  |                       |  |       |       |        |        |       |      |       |  |                     |       |      |       |  |
| CO <sub>2</sub> (г)   | 44,14                 | 9,04   | -8,53   |        |   |                   |                    |  |                       |  |       |       |        |        |       |      |       |  |                     |       |      |       |  |

|                              |                       |  |   |      |     |     |     |     |                              |       |      |     |      |
|------------------------------|-----------------------|--|---|------|-----|-----|-----|-----|------------------------------|-------|------|-----|------|
| КМ2                          | контрольная работа №2 | ОПК-1-У1;ОПК-2-31;ОПК-1-У2;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | <p>1. Раствор 0.001 моль хлорида кальция в 1000 г воды замерзает при температуре 273,8 К. Найти изотонический коэффициент, если криоскопическая постоянная для воды равна 1,86.</p> <p>2. Сколько времени пропускался ток силой 2 А через раствор гидроксида натрия, если при температуре 273 К и давлении 99750 Па выделилось <math>3 \cdot 10^{-4}</math> м<sup>3</sup> гремучего газа?</p> <p>3. Тепловой эффект реакции <math>Pb + Hg_2Cl_2 = PbCl_2 + 2 Hg</math> равен 94928 Дж при температуре 298 К. Температурный коэффициент ЭДС равен <math>1,45 \cdot 10^{-4}</math> В/К. Найти ЭДС элемента и изменение энтропии при 298 К.</p> <p>4. Дайте определение понятия «эквивалентная электропроводность». Какова зависимость эквивалентной электропроводности сильного электролита от концентрации раствора и температуры. Дайте обоснованный ответ.</p> <p>5. Напишите суммарное уравнение реакции, протекающей при разряде свинцового аккумулятора. Напишите схему этого гальванического элемента и уравнения катодного и анодного процессов.</p> <p>6. Дайте определение понятия «диффузия». Рассмотрите основные механизмы диффузии в кристаллах.</p> <p>7. Дайте определение понятия «гетерогенная система». Приведите примеры гетерогенных металлургических процессов. В чем заключается основное отличие состояния вещества на поверхности раздела фаз от вещества внутри фазы?</p> <p>8. Коэффициент диффузии углерода в жидком железе при температуре 1873 К равен <math>4,9 \cdot 10^{-9}</math> м<sup>2</sup>/с. Найти вязкость железа при этой температуре, если эффективный диаметр атома углерода равен <math>1,54 \cdot 10^{-10}</math> м.</p> <p>9. Что называется временем полураспада реакции? Определите порядок реакции и константу скорости, если при изменении начальной концентрации с 0,502 до 1,07 моль/л период полураспада уменьшается с 51 до 26 с.</p> <p>10. При исследовании реакции второго порядка были получены следующие данные о зависимости скорости реакции от температуры:</p> <table border="1" data-bbox="721 1232 1519 1299"> <tr> <td>T, К</td> <td>293</td> <td>303</td> <td>313</td> <td>323</td> </tr> <tr> <td>k*10<sup>2</sup> л/моль*мин</td> <td>0,713</td> <td>1,50</td> <td>3,5</td> <td>5,89</td> </tr> </table> <p>Найдите энергию активации и предэкспоненциальный множитель.</p> | T, К | 293 | 303 | 313 | 323 | k*10 <sup>2</sup> л/моль*мин | 0,713 | 1,50 | 3,5 | 5,89 |
| T, К                         | 293                   | 303  | 313   | 323  |     |     |     |     |                              |       |      |     |      |
| k*10 <sup>2</sup> л/моль*мин | 0,713                 | 1,50   | 3,5   | 5,89 |     |     |     |     |                              |       |      |     |      |

|     |       |  |  |
|-----|-------|--|--|
| КМЗ | зачет | ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | <p>Раздел 1. Химическая термодинамика.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия термодинамики. Функции состояния и функции процесса.<br/>Внутренняя энергия, энтальпия, теплота, работа.</li> <li>2. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Вычисление работы системы в процессах: изобарном, изохорном, изотермическом, адиабатическом.</li> <li>3. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры.</li> <li>4. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса. Теплоты образования, сгорания, агрегатных превращений, растворения, нейтрализации.</li> <li>5. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгофа.</li> <li>6. Процессы самопроизвольные, обратимые и необратимые. Термодинамическая вероятность. Равновесие как наиболее вероятное состояние системы.</li> <li>7. Аналитическое выражение и формулировка второго закона термодинамики.<br/>Энтропия как мера вероятности. Вычисление изменения энтропии в различных процессах.</li> <li>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.</li> <li>9. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.</li> </ol> <p>Раздел 2. Химическое равновесие</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Константа равновесия и способы ее выражения. Расчет состава равновесной смеси и выхода продукта.</li> <li>2. Химические реакции в гетерогенных системах. Константа равновесия гетерогенной реакции.</li> <li>3. Расчет равновесий по таблицам стандартных значений термодинамических функций.</li> </ol> <p>Раздел 3. Теория растворов</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Парциальные молярные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема.</li> <li>2. Идеальные растворы. Разбавленные растворы. Законы разбавленных растворов.</li> <li>3. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри. Растворимость газов в металлах. Закон Рауля.</li> <li>4. Закон распределения.</li> <li>5. Реальные растворы. Термодинамическая активность.</li> </ol> <p>Раздел 4. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия: фаза, компонент, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса.</li> <li>2. Диаграмма состояния однокомпонентной системы.</li> <li>3. Кривые охлаждения. Диаграммы двухкомпонентных систем: с постоянной эвтектикой; с ограниченной и неограниченной растворимостью в твердом состоянии; с образованием устойчивых и неустойчивых химических соединений.</li> </ol> <p>Раздел 5. Основы статистической термодинамики</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фазовое пространство. Закон распределения Больцмана.</li> <li>2. Распределение молекул газа по импульсам и координатам.</li> <li>3. Закон распределения энергии по степеням свободы.</li> </ol> |
|-----|-------|--|--|

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | Квантовая теория теплоемкости.<br>4. Вычисление термодинамических функций и константы равновесия с использованием сумм состояний. |
|--|--|--|---|

|     |         |  |   |
|-----|---------|--|---|
| КМ4 | экзамен | ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | <p>Раздел 1. Химическая термодинамика.</p> <p>1.2 Основные понятия термодинамики. Функции состояния и функции процесса. Внутренняя энергия, энтальпия, теплота, работа.</p> <p>1.2. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Вычисление работы системы в процессах: изобарном, изохорном, изотермическом, адиабатическом.</p> <p>1.3. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры.</p> <p>1.4. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса. Теплоты образования, сгорания, агрегатных превращений, растворения, нейтрализации.</p> <p>1.5. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгофа.</p> <p>1.6. Процессы самопроизвольные, обратимые и необратимые. Термодинамическая вероятность. Равновесие как наиболее вероятное состояние системы.</p> <p>1.7. Аналитическое выражение и формулировка второго закона термодинамики. Энтропия как мера вероятности. Вычисление изменения энтропии в различных процессах.</p> <p>1.8. 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>1.9. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.</p> <p>Раздел 2. Химическое равновесие</p> <p>2.1. Константа равновесия и способы ее выражения. Расчет состава равновесной смеси и выхода продукта.</p> <p>2.2. Химические реакции в гетерогенных системах. Константа равновесия гетерогенной реакции.</p> <p>2.3. Расчет равновесий по таблицам стандартных значений термодинамических функций.</p> <p>Раздел 4. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах</p> <p>4.1. Основные понятия: фаза, компонент, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса.</p> <p>4.2. Диаграмма состояния однокомпонентной системы.</p> <p>4.3. 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 6. Электрохимия</p> <p>6.1. Растворы электролитов. Энергия кристаллической решетки и энергия сольватации ионов. Сильные и слабые электролиты. Активность электролитов. Ионная сила раствора. Способы определения коэффициентов активности электролитов. Удельная и эквивалентная электропроводности и их зависимость от концентрации. Подвижность ионов. Закон Кольрауша. Числа переноса. Практическое использование измерения электропроводности.</p> <p>6.2. Электродвижущие силы. Возникновение разности потенциалов на границе раздела фаз. Двойной электрический слой. Термодинамика гальванического элемента. Типы электродов. Электродные потенциалы. Стандартные потенциалы. Ряд напряжений. Типы гальванических элементов: химические, концентрационные. Диффузионный потенциал. Определение термодинамических параметров путем измерения ЭДС. Кинетика электродных процессов. Электролиз. Поляризация. Перенапряжение.</p> <p>Раздел 7. Диффузия</p> <p>7.1. Явления переноса в газах, твердых телах, жидкостях. Теория диффузии. Законы Фика. Связь коэффициентов диффузии с подвижностью. Механизм диффузии в твердых телах и жидкостях. Эффект Киркендала. Анализ Даркена.</p> <p>Раздел 8. Поверхностные явления и адсорбция</p> <p>8.1 Основные определения. Влияние поверхностного слоя на термодинамические свойства гетерогенных систем. Адсорбция газов на твердых поверхностях.</p> |
|-----|---------|--|---|

|   |  |                                    | <p>8.2 Теория адсорбция Лангмюра. Адсорбция из смеси газов. Адсорбция из растворов. Молекулярная и активированная адсорбция.</p> <p>8.3 Полимолекулярная адсорбция. Капиллярная конденсация. Строение адсорбционных сло-ев. Теплота адсорбции.</p> <p>8.4. Адсорбция на поверхности жидкости. Уравнение Гиббса. Уравнение Шишковского. За-висимость поверхностного натяжения от состава раствора. Понятие о хроматографии. По-верхностные явления в металлургии.</p> <p>Раздел 9. Химическая кинетика и катализ</p> <p>9.1. Кинетика гомогенных реакций. Скорость реакции. Молекулярность и порядок реакции. Закон действия масс и кинетические уравнения реакции. Константа скорости. Реакции пер-вого, второго и третьего порядка. Методы определения порядка реакции. Зависимость ско-рости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Теория актив-ных соударений. Цепные реакции.</p> <p>9.2. Кинетика гетерогенных реакций. Гетерогенные реакции в металлургическом производ-стве. Многостадийность процессов. Внешняя массопередача. Скорость массопередачи. При-менение теории размерности. П-теорема. Критерии подобия. Внутренняя массопередача. Топохимические реакции. Кинетика кристаллизации. Современная теория образования за-родыша. Теория флуктуации. Термодинамические условия возникновения сферического за-родыша.</p> <p>9.3. Катализ. Общие свойства катализаторов. Гомогенный катализ. Гетерогенный катализ. Основные теории катализа.</p> |
|---|--|------------------------------------|--|
| <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 соли в воде  | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физический смысл основного закона термодинамики.</li> <li>2. Какие процессы протекают при растворении соли в воде?</li> <li>3. Сущность калориметрического метода измерения теплоты?</li> <li>4. Что такое стандартная теплота образования вещества?</li> </ol>  |
| P2  | лабораторная работа №2<br>Определение теплоты растворения буры   | ОПК-2-В1;ОПК-2-В2;ОПК-2-31         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закон Гесса и следствия из него.</li> <li>2. Понятие теплоемкости, единицы измерения, физический смысл.</li> <li>3. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.</li> </ol>   |
| P3  | лабораторная работа № 3<br>Изучение равнове-сия гомогенной реакции в растворе                                | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулируйте принцип Ле-Шателье.</li> <li>2. Какие факторы влияют на смещение химического равновесия?</li> <li>3. Выразите константу равновесия для заданной гомогенной реакции.</li> <li>4. Выразите константу равновесия для заданной гетерогенной реакции.</li> <li>5. Как найти константу равновесия экспериментально?</li> <li>6. Как связана константа равновесия с термодинамическими величинами?</li> </ol>   |
| P4  | лабораторная работа №4<br>Определение парциальных мольных объемов компонентов раствора                       | ОПК-2-31;ОПК-2-В2;ОПК-2-В1         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Парциальная мольная величина.</li> <li>2. Экстенсивные и интенсивные свойства растворов.</li> <li>3. Способы выражения концентрации растворов.</li> <li>4. Уравнение Гиббса-Дюгема</li> </ol>  |
| P5  | лабораторная работа № 5<br>Распределение растворенного вещества между двумя несмешивающимис я растворителями | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Идеальный раствор. Законы, действующие в идеальном растворе.</li> <li>2. Закон распределения.</li> <li>3. Метод экстракции. Расчет количества повторений.</li> <li>4. Расчет коэффициента распределения вещества.</li> <li>5. Экспериментальный метод нахождения коэффициента распределения</li> </ol>   |

|     |   |                            |   |
|-----|---|----------------------------|---|
| P6  | лабораторная работа № 6<br>Определение молекулярного веса растворенного вещества по понижению температуры замерзания раствора                     | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | 1. Закон Рауля и следствия из него<br>2. Расчет температур кипения и замерзания растворов по известной концен-трации.<br>3. Расчет молярной массы вещества по известному изменению температуры кипения или замерзания.<br>4. Расчет концентрации раствора.  |
| P7  | лабораторная работа № 7<br>Построение диаграммы плавкости системы нафталин-дифениламин  | ОПК-2-31;ОПК-2-В2;ОПК-2-В1 | 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.                    |
| P8  | лабораторная работа № 8<br>Термический анализ двухкомпонентной системы  | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | 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.                    |
| P9  | лабораторная работа №9<br>Определение среднего коэффициента активности сильного электролита в водном растворе по понижению температуры замерзания | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | 1. Электролиты. Степень диссоциации.<br>2. Ионная сила раствора, подвижность ионов.<br>3. Расчет коэффициента активности.<br>4. Изотонический коэффициент.<br>5. Коллигативные свойства растворов. Отличие растворов электролитов от неэлектролитов.  |
| P10 | лабораторная работа № 10<br>Определение электрохимического эквивалента меди   | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | 1. Электролиз. Определение, правила, промышленное применение.<br>2. Закон Фарадея для расчета продуктов электролиза.<br>3. Теория электролитической диссоциации Аррениуса.<br>4. Электропроводность: удельная и эквивалентная. Зависимость электропроводности от концентрации раствора электролита.                             |
| P11 | лабораторная работа № 11<br>Определение электропроводности и константы диссоциации слабого электролита  | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | 1. Закон Кольрауша.<br>2. Сущность эквивалентной и удельной электропроводности, их связь.<br>3. Подвижность ионов в растворе, активность ионов.<br>4. Кондуктометрия, методика выполнения.<br>5. Приготовление растворов заданной концентрации.   |
| P12 | лабораторная работа № 12<br>Коррозия металлов в водных растворах кислот   | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | 1. Сущность понятия коррозия металла.<br>2. Уравнения коррозии луженых металлов, оцинкованных, никелированных.<br>3. Защита металлов от коррозии.<br>4. Продукты коррозии во влажном воздухе и в кислой среде.  |
| P13 | лабораторная работа № 13<br>Определение эквивалентной электропроводности сильного электролита   | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | 1. В чем отличие концентрационной зависимости эквивалентной электропроводности сильного электролита от слабого?<br>2. Расчет pH растворов кислот и щелочей по экспериментальным данным.<br>3. Числа переноса. Физический смысл.<br>4. Кондуктометрия, методика выполнения.<br>5. Приготовление растворов заданной концентрации. |

|     |  |                            |  |
|-----|--|----------------------------|--|
| P14 | лабораторная работа № 14<br>Изучение адсорбции уксусной кислоты на поверхности древесного угля | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | 1. Адсорбция, физический смысл понятия как объета и как процесса.<br>2. Каково состояние вещества на границе раздела фаз? Понятие поверх-ностного натяжения.<br>3. Уравнение Шишковского.<br>4. Методика экспериментального определения уравнения адсорбции задан-ного вещества. |
| P15 | лабораторная работа №15<br>Определение скорости реакции инверсии тростникового сахара          | ОПК-2-В2;ОПК-2-В1;ОПК-2-31 | 1. Скорость химической реакции. Закон действующих масс.<br>2. Химическое равновесие и факторы, влияющие на смещение химического равновесия.<br>3. Принцип Ле-Шателье.<br>4. Факторы, влияющие на скорость реакции.<br>5. Оптические изомеры.<br>6. Сущность метода сахариметрии. |
| P16 | лабораторная работа № 16<br>Изучение скорости реакции омыления сложного эфира                  | ОПК-2-В2;ОПК-2-В1;ОПК-2-31 | 1. Записать уравнение реакции омыления сложного эфира.<br>2. Записать выражение скорости реакции.<br>3. Определить порядок реакции. Графический метод.<br>4. Факторы, влияющие на скорость реакции.<br>5. Химический катализ, виды катализа, особенности.                        |
| P17 | лабораторная работа №17<br>Определение скорости реакции йодирования ацетона                    | ОПК-2-В2;ОПК-2-В1;ОПК-2-31 | 1. Записать уравнение реакции йодирования ацетона.<br>2. Записать выражение скорости реакции.<br>3. Определить порядок реакции. Графический метод.<br>4. Методика экспериментальной работы   |
| P18 | Практическое занятие №1  | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Первый закон термодинамики. Расчет работы газа в различных термодинамических процессах: изобарном, изохорном, изотерическом, адиабатном. Понятие молярной и удельной теплоемкостей.  |
| P19 | Практическое занятие №2  | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Закон Гесса. Расчет тепловых эффектов реакции. Энтальпийный фактор. Зависимость энтальпии от температуры. Закон Кирхгоффа.   |
| P20 | Практическое занятие №3  | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Второй закон термодинамики. Энтропийный фактор. Изменение энтропии в сложных физико-химических процессах. Зависимость энтропии от температуры и объема.  |
| P21 | Практическое занятие №4  | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Направленность химических процессов. Зависимость от независимых параметров.   |
| P22 | Практическое занятие №5  | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Химическое равновесие в однокомпонентных системах и простых смесях   |
| P23 | Практическое занятие № 6   | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Теория растворов. Равновесие между раствором и паром растворителя. Закон Рауля, закон Генри, следствия. Выражения концентраций растворов.  |
| P24 | Практическое занятие № 7   | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Парциальные мольные величины. Закон Гиббса-Дюгема.   |
| P25 | Практическое занятие № 8   | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Химическое равновесие в двухкомпонентных системах. Фазовые диаграммы. Построение и интерпритация фазовых диаграмм.   |
| P26 | Практическое занятие №9  | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Статистический расчет молярной теплоемкости.   |
| P27 | Практическое занятие №10   | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Удельная и эквивалентная электропроводности и их зависимость от концентрации. Подвижность ионов. Закон Кольрауша. Числа переноса. Практическое использование измерения электропроводности  |
| P28 | Практическое занятие №11   | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Типы гальванических элементов: химические, концентрационные. Диффузионный потенциал. Определение термодинамических параметров путем измерения ЭДС. Кинетика электродных процессов. Электролиз. Поляризация. Перенапряжение   |
| P29 | Практическое занятие №12   | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Электрохимия. Электропроводность электролитов  |
| P30 | Практическое занятие №13   | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Электрохимия. ЭДС гальванического элемента. Расчет термодинамических величин методом ЭДС   |
| P31 | Практическое занятие № 14  | ОПК-1-У2;ОПК-2-31          | Диффузия. Расчет коэффициента диффузии. Вязкость   |

|     |                           |                   |  |
|-----|---------------------------|-------------------|--|
| P32 | Практическое занятие № 15 | ОПК-1-У2;ОПК-2-31 | Адсорбция. Расчет коэффициента адсорбции. Графический метод определения адсорбции              |
| P33 | Практическое занятие № 16 | ОПК-1-У2;ОПК-2-31 | Химическая кинетика. Расчет константы скорости и порядка реакции. Графический метод            |
| P34 | Практическое занятие №17  | ОПК-1-У2;ОПК-2-31 | Кинетика. Энергия активации, влияние температуры на скорость реакции. Кинетика сложных реакций |

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет №0 (письменно)

1. Дайте определение понятия «эквивалентная электропроводность». Какова зависимость эквивалентной электропроводности сильного электролита от концентрации раствора и температуры. Ответ обоснуйте.
2. Дайте определение понятию: катализатор. В чем основное отличие гетерогенного катализа от гомогенного? Как влияет катализатор на скорость химической реакции?
3. Какова зависимость скорости химической реакции от температуры? Запишите уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса. Обозначьте границы их применимости.
4. Для химической реакции, протекающей по уравнению  $N_2O = N_2O_4 + 1/2O_2$ , значения константы скорости при температурах 298 К и 328 К соответственно равны  $3,38 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$  и  $1,50 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ . Найдите энергию активации реакции и предэкспоненциальный множитель.
5. Для реакции, протекающей согласно уравнению:  $2C_2H_5OH + 2Br_2 = CH_3COOC_2H_5 + 4HBr$  при 298 К получены следующие экспериментальные данные:

|  |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|
| C(Br <sub>2</sub> ), моль/л *10 <sup>3</sup> | 8,14 | 6,10 | 4,45 | 3,73 |
| Время, мин                                   | 0    | 4    | 10   | 15   |

 Найдите порядок реакции и константу скорости реакции при температуре 298 К.
6. Расставьте фазовые области на диаграмме. Укажите линии невариантных равновесий в системе и напишите схемы этих превращений. Рассчитайте число степеней свободы системы в точках N и H.

Примерный билет контрольной работы № 1

1. Дайте определение понятиям «энергия», «работа», «теплота». Как соотносятся между собой эти величины? Напишите формулы для расчета работы изотермического процесса. Рассчитайте работу процесса изотермического расширения 5л азота, взятого при 250С и давлении 6 бар до давления 1 бар.
2. Определите затраченную работу и конечную температуру системы, если 8 г водорода, взятого при 170С сжимаются адиабатически от 8 до 5 л.
3. Теплоемкость: определение, физический смысл, способы выражения, единицы измерения. Запишите уравнение Кирхгоффа, объясните, как изменяется теплоемкость системы в ходе реакции, если реакция эндотермическая.
4. Выразите изменение теплоемкости химического процесса, протекающего согласно уравнению реакции:  $Br_2 (г) + H_2 (г) = 2HBr(г)$   
Коэффициенты уравнения истинной теплоемкости для:

|                     |       |                   |                    |
|---------------------|-------|-------------------|--------------------|
|                     | a     | b*10 <sup>3</sup> | c*10 <sup>-5</sup> |
| Br <sub>2</sub> (г) | 37,20 | 0,71              | -1,19              |
| H <sub>2</sub> (г)  | 27,28 | 3,26              | 0,502              |
| HBr(г)              | 26,15 | 5,86              | 1,09               |
5. Сформулируйте второй закон термодинамики. Объясните, в каком случае энтропийный фактор способствует самопроизвольному протеканию процесса? Можно ли по уравнению химической реакции предсказать изменение энтропии, поясните. Чему равно изменение энтропии при переходе 1 моль азота от стандартных условий к температуре 200 0С и давлению 0,5атм?
6. Сформулируйте закон Гесса и следствия из него. На основании следующих данных рассчитайте теплоту разложения пероксида водорода:  
 $SnCl_2 + 2HCl + 1/2O_2 = SnCl_4 + H_2O$ ;  $\Delta H = -296.32 \text{ кДж}$   
 $SnCl_2 + 2HCl + H_2O_2 = SnCl_4 + 2H_2O$ ;  $\Delta H = -332.95 \text{ кДж}$
7. Напишите уравнение зависимости константы равновесия от температуры. Константа равновесия Кр реакции  $2CO_2 = 2CO + O_2$  равна 10-20,4 при T=1000К. Вычислите константу равновесия этой реакции при T=2000К, если среднее значение теплового эффекта этой реакции 561325 Дж.
8. Объясните, как с помощью графического метода можно найти среднее значение энтальпии реакции в каком-либо интервале температур.
9. Дайте определение понятия парциальной молярной величины. Запишите формулу Гиббса-Дюгема, поясните, что значат переменные в уравнении. Определите плотность 40% водного раствора метилового спирта, если известно, что парциальные молярные объемы воды и спирта в этом растворе соответственно равны 17,5 и 39 см<sup>3</sup>.
10. Диаграмма плавкости системы CuCl<sub>2</sub> – FeCl<sub>3</sub> показана на рисунке:  
 А) Обозначьте все области на этой диаграмме.  
 Б) Начертите и объясните кривые охлаждения сплавов, содержащих 10, 40 и 70% хлорида железа.  
 В) Вычислите, сколько хлорида меди выделится в твердом виде из 100 г 20% расплава при охлаждении его до эвтектической температуры?

Примерный билет контрольной работы № 2

1. Раствор 0.001 моль хлорида кальция в 1000 г воды замерзает при температуре 273,8 К. Найти изотонический коэффициент, если криоскопическая постоянная для воды равна 1,86.

2. Сколько времени пропускался ток силой 2 А через раствор гидроксида натрия, если при температуре 273 К и давлении 99750 Па выделилось  $3 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup> гремучего газа?
3. Тепловой эффект реакции  $\text{Pb} + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 = \text{PbCl}_2 + 2 \text{Hg}$  равен 94928 Дж при температуре 298 К. Температурный коэффициент ЭДС равен  $1,45 \cdot 10^{-4}$  В/К. Найти ЭДС элемента и изменение энтропии при 298 К.
4. Дайте определение понятия «эквивалентная электропроводность». Какова зависимость эквивалентной электропроводности сильного электролита от концентрации раствора и температуры. Дайте обоснованный ответ.
5. Напишите суммарное уравнение реакции, протекающей при разряде свинцового аккумулятора. Напишите схему этого гальванического элемента и уравнения катодного и анодного процессов.
6. Дайте определение понятия «диффузия». Запишите 1 и 2 уравнения Фика, область их применения. Рассмотрите механизм диффузии в газообразной фазе. Запишите формулу для расчета коэффициента диффузии.
7. Найдите коэффициент диффузии кислорода при температуре 308 К и атмосферном давлении, если  $\sigma_\infty = 3,02 \cdot 10^{-10}$  и  $C = 125$ .
8. Какие Вам известны сложные кинетические процессы? Дайте их краткую характеристику. Выведите уравнение для расчета скорости последовательного процесса. Определите лимитирующую стадию.
9. Что называется временем полураспада реакции? Определите порядок реакции и константу скорости, если при изменении начальной концентрации с 0,502 до 1,07 моль/л период полураспада уменьшается с 51 до 26 с.
10. Дайте понятие гетерогенного катализа. Объясните, каков механизм влияния катализатора на скорость химической реакции. Приведите примеры каталитических реакций в металлургии.

Контрольная работа может быть проведена дистанционно в системе электронной среде 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 экзамена

Критерии оценки ответов на экзамене, 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 контрольной и (или) экзаменационной работы, проводимой в дистанционной форме в LMS Canvas

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, эл. адрес |
|------|---|--|------------|------------------------------|
| Л1.1 | Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А.                | Физическая химия: Учебник                              |            | М.: Металлургия, 2001,       |
| Л1.2 | В.В. Буданов, Т.Н. Ломова, В.В. Рыбкин        | Химическая кинетика: учебное пособие                   |            | Лань, 2014,                  |
| Л1.3 | К.С. Пономарева, В. Г. Гугля, Г.С. Никольский | Сборник задач по физической химии: учебно-методическое |            | М.: МИСИС, 2007,             |

**6.1.2. Дополнительная литература**

|      | Авторы, составители              | Заглавие  | Библиотека | Издательство, год, эл. адрес  |
|------|----------------------------------|---|------------|---|
| Л2.1 | Б.С. Бокштейн, М.И. Менделлев    | Краткий курс физической химии: учебно-методическая                                  |            | М.: МИСИС, 2002,  |
| Л2.2 | Е. В. Тимакова, А. А. Казакова   | Физическая химия : неравновесные явления в растворах электролитов : учебное пособие |            | Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017,<br><a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575066">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575066</a> |
| Л2.3 | / Е. В. Тимакова, А. А. Казакова | Физическая химия : сборник заданий с примерами решений : учебное пособие            |            | Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018,<br><a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575086">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575086</a> |

**6.1.3. Методические разработки**

|      | Авторы, составители                       | Заглавие   | Библиотека | Издательство, год, эл. адрес   |
|------|---|--|------------|--|
| 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,<br><a href="http://elibrary.misis.ru">http://elibrary.misis.ru</a> ; <a href="http://www.nf.misis.ru">www.nf.misis.ru</a> |

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

|    |   |  |
|----|---|--|
| Э1 | НФ НИТУ "МИСиС"                           | <a href="http://www.nf.misis.ru">www.nf.misis.ru</a>         |
| Э2 | КиберЛенинка                              | <a href="http://www.cyberleninka.ru">www.cyberleninka.ru</a> |
| Э3 | Российская научная электронная библиотека | <a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>         |

**6.3 Перечень программного обеспечения**

|     |  |
|-----|--|
| П.1 | Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level |
|-----|--|

**6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных****7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

| Ауд. | Назначение   | Оснащение   |
|------|--|---|
| 133  | Учебная аудитория для занятий лекционного типа, практических занятий | Комплект учебной мебели на 56 мест для обучающихся, 1 стационарный компьютер для преподавателя с выходом в интернет, проектор, экран настенный, доска аудиторная меловая, веб камера Logitech, колонки, лицензионные программы MS Office, MS Teams, антивирус Dr. Web.  |
| 134  | Учебная аудитория для занятий лекционного типа, практических занятий | Комплект учебной мебели на 40 мест для обучающихся, 1 стационарный компьютер для преподавателя с выходом в интернет, проектор, экран на штативе, доска аудиторная меловая, веб камера Logitech, колонки, лицензионные программы MS Office, MS Teams, антивирус Dr. Web. |

|     |                           |  |
|-----|---------------------------|--|
| 140 | Учебная лаборатория химии | Комплект оборудования для лаборатории общей и неорганической химии НФ НИТУ МИСиС 04.2.3.0163, 1 шт.<br>(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.), аквадистиллятор ДЭ-25СПб, 1 шт., магнитная мешалка 04.2.3.0006, 1 шт., микроанометр ММН-240, 1 шт., печь камерная нагревательная "ПМ-1000", 1 шт., мойка лабораторная ЛК-1200, 2 шт., газоанализатор процессов горения портативный Testo-300М, 1 шт., фотоколориметр КФК-3КМ, 1 шт., вискозиметр ВПЖ-4 1.12, 2 шт., вискозиметр ВПЖ-1 0.34, 1 шт. |
|-----|---------------------------|--|

## 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 приходиться 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 приходиться 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 приходиться 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 . Он доступен по URL адресу <https://lms.misis.ru/enroll/E8333T> и позволяет использовать специальный контент и элементы электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. LMS используется преимущественно для асинхронного взаимодействия между участниками образовательного процесса посредством сети «Интернет».

Чтобы эффективно использовать возможности LMS Canvas, 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.