

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

Образовательно-научный институт  
физико-химических технологий и материаловедения (ИФХТиМ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_/Ж.В. Мацулевич/

подпись                      ФИО

“21” мая 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.25 Физическая химия**

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров/специалистов/магистров

Направление подготовки: 19.03.01 «Биотехнология»

\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность: «Общая и прикладная биотехнология»

\_\_\_\_\_  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2024

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 432/12

Промежуточная аттестация: экзамен, экзамен

экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Соколова Татьяна Николаевна, д.х.н., профессор

Темнова Марина Вадимовна, к.х.н.

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Нижний Новгород, 2024

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 августа 2021 г. № 736 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ протокол от 28.05.2024 г. № 17.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 17.04.2024 г. № 7.

Зав. кафедрой: к.х.н., доцент Калинина А.А.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИФХТиМ, протокол от 21.05.2024 № 6.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный №

Начальник МО

\_\_\_\_\_/Н.Р. Булгакова/  
(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_/Н.И. Кабанина/  
(подпись)

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|  |    |
|--|----|
| 1. Цель и задачи освоения дисциплины .....   | 4  |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....  | 4  |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....                                    | 5  |
| 4. Структура и содержание дисциплины.....  | 12 |
| 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....                     | 27 |
| 6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....   | 34 |
| 7. Информационное обеспечение дисциплины .....   | 36 |
| 8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....  | 38 |
| 9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине..... | 38 |
| 10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....  | 39 |
| 11.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....  | 43 |

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**1.1. Целями освоения дисциплины «Физическая химия»** является формирование у студентов основных понятий, знаний и навыков в области теоретических основ физической химии, системных знаний, необходимых при рассмотрении физико-химических процессов, происходящих в естественных и моделированных системах, формирование умений выполнять необходимые термодинамические и кинетические расчеты параметров химических реакций, выполнять расчеты для фазовых переходов, анализировать механизмы химических реакций и электрохимических процессов, грамотно оформлять результаты экспериментов и развивать навыки практического использования теоретических знаний для решения конкретных задач.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- изучить основные понятия термодинамики; химического равновесия в химических реакциях и системах; законы растворов неэлектролитов; гальванические элементы; основные постулаты химической кинетики и кинетические уравнения простых и сложных реакций;
- рассмотреть термодинамические, кинетические, электрохимические закономерности в протекании процессов в химических системах;
- дать представление о современном состоянии и путях развития физической химии, ее роли в науке и технике;
- развить самостоятельность в приобретении научных знаний и опыта экспериментальной работы.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**2.1. Учебная дисциплина «Физическая химия»** включена в обязательный перечень дисциплин базовой части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина основывается на базовых знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин «Математика», «Физика», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», где они приобретают необходимые знания по строению веществ и направленности химических процессов, вводится понятие скорости химических реакций. Для усвоения дисциплины студент должен владеть химической терминологией; понимать смысл химических формул и символов, индексов и коэффициентов в химических уравнениях реакций; иметь представления об основных классах неорганических и органических соединений; понимать различие между химическими и физическими явлениями; иметь представление об атомно-молекулярном учении; иметь навыки решения простейших расчетных задач.

Дисциплина «Физическая химия» является основополагающей для изучения ряда общенаучных и специальных дисциплин, связанных с химией. Примерами таких дисциплин являются: «Коллоидная химия», «Биофизика», «Физико-химические процессы в биотехнологических производствах», где используются умения и навыки, полученные студентами при изучении физической химии, решения расчетных задач, и сформированные компетенции в определении возможности и особенностей протекания химических процессов.

Знания, умения и навыки, полученные учащимся при изучении дисциплины – «Физическая химия» будут необходимы для освоения последующих курсов базового и профессионального цикла «Коллоидная химия», «Биотехнологические производства», «Процессы и аппараты биотехнологии II» и др., а также при подготовке, выполнении и защите курсовых и выпускной квалификационной работ, при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

Связь данной дисциплины со специализацией обучающегося реализуется при рассмотрении химических реакций и процессов с учетом условий, и механизмов их протекания, свойств отдельных систем и методов исследования и анализа физико-химических процессов.

Особенностью дисциплины является проведение лабораторных работ, что позволяет приобрести студентам умения работать с химическими реагентами, посудой и приборами, осуществлять химический эксперимент и проводить первичные научные исследования. В лабораторные работы введены элементы, повышающие интерес студентов к ним и их познавательную активность. Для повышения познавательной активности студентов и приобретения ими первичных навыков научного исследования, в эти лабораторные работы введены элементы научного исследования, как-то: а) самостоятельно выбрать реактивы для проведения реакции, оценить и объяснить полученный результат; б) объяснить протекание одной реакции и не протекание другой, на первый взгляд подобной, реакции; в) предсказать практическое значение той или иной реакции, сопровождающейся необычным эффектом, и т.д.

К активным методам обучения относится сдача письменного отчета по лабораторной работе в форме обсуждения, поскольку такая работа предполагает выполнение творческих заданий (задач). Учащийся вступает в диалог с преподавателем в ходе обсуждения результатов эксперимента и его интерпретации.

Рабочая программа дисциплины «Физическая химия» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Физическая химия» направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению подготовки (специальности) 19.03.01 «Биотехнология»:

а) общепрофессиональных (ОПК): ОПК-1, 2, 5.

**Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами**

| <i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i> | <i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i> |          |          |          |          |          |          |          |
|--|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|  | <i>1</i>   | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> |
| <b>ОПК-1</b>   |  |          |          |          |          |          |          |          |
| Математика (Б1.Б.12)   | ✓  | ✓        |          |          |          |          |          |          |
| Экология (Б1.Б.30)   | ✓  |          |          |          |          |          |          |          |
| Общая и неорганическая химия (Б1.Б.14)                           | ✓  | ✓        |          |          |          |          |          |          |

| <i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i> | <i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i> |          |          |          |          |          |          |          |
|--|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|  | <i>1</i>   | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> |
| Физика (Б1.Б.24)   |  | ✓        | ✓        |          |          |          |          |          |
| Физиология человека (Б1.Б.23)                                    |  |          |          |          | ✓        | ✓        |          |          |
| Органическая химия (Б1.Б.15)                                     |  |          | ✓        |          |          |          |          |          |
| <b>Физическая химия (Б1.Б.27)</b>                                |  |          |          | ✓        | ✓        |          |          |          |
| Химия биологически активных веществ (Б1.Б.29)                    |  |          |          |          | ✓        |          |          |          |
| Физиология человека (Б1.Б.25)                                    |  |          |          |          | ✓        | ✓        |          |          |
| Основы биохимии и молекулярной биологии (Б1.Б.17)                |  |          |          |          |          | ✓        |          |          |
| Биофизика (Б1.Б.9)   |  |          |          |          |          | ✓        |          |          |
| Основы биохимии человека (Б1.Б.20)                               |  |          |          |          |          |          | ✓        |          |
| Коллоидная химия (Б1.Б.11)                                       |  |          |          |          |          |          | ✓        |          |
| Ознакомительная практика (Б2.У.1)                                |  |          |          | ✓        |          |          |          |          |
| Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР (Б3.Д.1)              |  |          |          |          |          |          |          | ✓        |
| <b>ОПК-7</b>   |  |          |          |          |          |          |          |          |
| Общая и неорганическая химия (Б1.Б.14)                           | ✓  | ✓        |          |          |          |          |          |          |
| Физика (Б1.Б.24)   |  | ✓        | ✓        |          |          |          |          |          |
| Аналитическая химия и физико-химические методы анализа (Б1.Б.2)  |  | ✓        | ✓        |          |          |          |          |          |
| Органическая химия (Б1.Б.15)                                     |  |          | ✓        |          |          |          |          |          |
| <b>Физическая химия (Б1.Б.27)</b>                                |  |          |          | ✓        | ✓        |          |          |          |
| Химия биологически активных веществ (Б1.Б.29)                    |  |          |          |          | ✓        |          |          |          |
| Основы биохимии и молекулярной биологии (Б1.Б.17)                |  |          |          |          |          | ✓        |          |          |
| Коллоидная химия (Б1.Б.11)                                       |  |          |          |          |          |          | ✓        |          |
| Научно-исследовательская работа (Б2.П.2)                         |  |          |          |          |          | ✓        |          |          |
| Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР (Б3.Д.1)              |  |          |          |          |          |          |          | ✓        |

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С  
ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

*Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения*

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |  |  | Оценочные средства  |   |
|--|--|---|--|--|---|---|
|  |  |   |  |  | Текущего контроля   | Промежуточной аттестации  |
| <b>ОПК-1.</b> Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях | <i>ИОПК-1.3. Изучает, анализирует и использует базовые знания в области общей, неорганической, физической и коллоидной химии и методов химического анализа для решения задач профессиональной деятельности</i> | <b>ЗНАТЬ:</b><br>- Основные понятия термодинамики. Первое, второе начала термодинамики. Тепловые эффекты. Закон Гесса. Уравнение Кирхгоффа. Термодинамические функции U, H, A, G. Химический потенциал. Свойства химического потенциала.<br>- Условия направленности и равновесия в химических реакциях. Уравнение изотермы химической реакции. Константа равновесия для гомогенной реакции в идеальной газовой смеси и способы ее выражения. Связь $K_p$ , $K_c$ , $K_x$ , $K_p$ . Принцип Ле-Шателье.<br>- Термодинамические условия равновесия между фазами. Правило | <b>УМЕТЬ:</b><br>- Определять по справочным данным энергетические характеристики и геометрию молекул, термодинамические характеристики химических реакций, использовать математический аппарат дисциплины для решения типовых задач;<br>- Рассчитывать равновесный состав химических реакций по термодинамическим данным, определять влияние внешних факторов на выход продукта;<br>- Строить фазовые диаграммы в одно- и двухкомпонентных системах, решать практические задачи по фазовым | <b>ВЛАДЕТЬ:</b><br>- Навыками решения типовых задач по определению термодинамических величин ( $Q$ , $\Delta U$ , $\Delta H$ , $\Delta G$ ) в системе идеальный газ и в химических реакциях;<br>- Навыками решения типовых и нетиповых задач по расчету равновесного состава химической реакции;<br>- Навыками выполнения расчетно-графических работ по фазовым равновесиям в одно- и двухкомпонентных системах;<br>- Навыками расчета термодинамических величин в равновесной | - Контрольные вопросы к отчетам по лабораторным работам<br>- Задания к письменным контрольным работам по разделам | Вопросы для устного собеседования на экзамене (48 вопросов - 4 семестр, 42 вопроса - 5 семестр): билеты (24 билета 4 семестр, 21 билет 5 семестр).<br>В каждом семестре в билетах задача. |
|  |  |   |  |  |   |   |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |   |  | Оценочные средства |                          |
|--------------------------------|--|--|---|--|--------------------|--------------------------|
|                                |  |  |   |  | Текущего контроля  | Промежуточной аттестации |
|                                |  | <p>фаз Гиббса. Диаграмма состояния для однокомпонентной системы. Равновесие жидкий раствор - пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса-Коновалова.</p> <p>- Законы растворов неэлектролитов. Диаграммы плавкости. Гальванические элементы. Э.Д.С. гальванического элемента. Связь Э.Д.С. гальванического элемента с термодинамическими величинами химической реакции.</p> <p>- Скорость химической реакции. Постулаты химической кинетики, кинетические уравнения простых и сложных реакций. Уравнение Аррениуса, теорию активированного комплекса.</p> | <p>диаграммам;</p> <p>- Применять законы растворов неэлектролитов; использовать электрохимические данные для расчета термодинамических величин редокс-реакций;</p> <p>- Анализировать кинетические схемы химических реакций приближенными методами, определять кинетические характеристики простых и сложных реакций.</p> | <p>электрохимии и растворах неэлектролитов;</p> <p>- Интегральными и дифференциальными методами анализа скоростей химических реакций</p> |                    |                          |



| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |   |  | Оценочные средства  |                          |
|--|--|---|---|--|---|--------------------------|
|  |  |   |   |  | Текущего контроля   | Промежуточной аттестации |
| <b>ОПК-7.</b> Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы | <b>ИОПК-7.1.</b><br><i>Осуществляет экспериментальные исследования и испытания по заданной методике</i>      | <b>ЗНАТЬ:</b><br>- физико-химические и химические методы исследования. Основные методы и приемы проведения эксперимента;  | <b>УМЕТЬ:</b><br>-осуществлять лабораторный химический эксперимент по заданной методике с соблюдением норм техники безопасности;<br>-пользоваться химическими реактивами, растворителями и химической посудой;<br>- собирать простейшие установки для проведения лабораторных исследований; | <b>ВЛАДЕТЬ:</b><br>-практическими навыками работы с реактивами;<br>- приемами работы в химической лаборатории    | - Контрольные вопросы к отчетам по лабораторным работам<br>- Задания к письменным контрольным работам по разделам |                          |
|  | <b>ИОПК-7.2.</b> <i>Проводит необходимые наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности</i> | <b>ЗНАТЬ:</b><br>- основные правила техники безопасности при работе в химической лаборатории;<br>- основные методы и приемы проведения эксперимента;<br>- лабораторную посуду, в том числе измерительную, и правила работы с ней; | <b>УМЕТЬ:</b><br>-пользоваться правилами безопасной работы в химической лаборатории;  | <b>ВЛАДЕТЬ:</b><br>- основными приемами работы в химической лаборатории с соблюдением норм техники безопасности. |   |                          |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции                           | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |  |   | Оценочные средства |                          |
|--------------------------------|--|--|--|---|--------------------|--------------------------|
|                                |  |  |  |   | Текущего контроля  | Промежуточной аттестации |
|                                | ИОПК-7.3.<br>Обрабатывает и интерпретирует полученные экспериментальные данные | <b>ЗНАТЬ:</b><br>- методы обработки экспериментальных данных, в том числе статистические;<br>- правила представления экспериментальных данных; | <b>УМЕТЬ:</b><br>- описывать проведенные эксперименты;<br>- выполнять расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных;<br>- обрабатывать полученные экспериментальные данные;<br>- высказывать свою точку зрения в обсуждении результатов; проводить оценку практической значимости результатов исследования; | <b>ВЛАДЕТЬ:</b><br>- методами обработки результатов эксперимента;<br>- физико-химическим аппаратом расчетно-теоретических методов для изучения свойств веществ и процессов с их участием. |                    |                          |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

*Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам*

| Вид учебной работы   | Трудоёмкость в час                               |                     |            |
|--|--|---------------------|------------|
|  | Всего часов                                      | в т.ч. по семестрам |            |
|  |  | 4 сем               | 5 сем      |
| <b>Формат изучения дисциплины</b>  | с использованием элементов электронного обучения |                     |            |
| <b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>   | <b>432</b>                                       | <b>180</b>          | <b>252</b> |
| <b>1. Контактная работа:</b>   | <b>197</b>                                       | <b>73</b>           | <b>124</b> |
| <b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>  | <b>187</b>                                       | <b>68</b>           | <b>119</b> |
| занятия лекционного типа (Л)   | <b>68</b>  | <b>34</b>           | <b>34</b>  |
| занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)   | <b>68</b>  | <b>34</b>           | <b>34</b>  |
| лабораторные работы (ЛР)   | <b>51</b>  |                     | <b>51</b>  |
| <b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>   | <b>10</b>  | <b>5</b>            | <b>5</b>   |
| курсовая работа (проект) (КР/КП)<br>(консультация, защита)   |  |                     |            |
| текущий контроль, консультации по дисциплине   | <b>10</b>  | <b>5</b>            | <b>5</b>   |
| контактная работа на промежуточном контроле (КРА)  |  |                     |            |
| <b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>   | <b>163</b>                                       | <b>71</b>           | <b>92</b>  |
| реферат/эссе (подготовка)  |  |                     |            |
| расчётно-графическая работа (РГР)<br>(подготовка)  |  |                     |            |
| контрольная работа   |  |                     |            |
| курсовая работа/проект (КР/КП)<br>(подготовка)   |  |                     |            |
| самостоятельное изучение разделов, самоподготовка<br>(проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.) | <b>163</b>                                       | <b>71</b>           | <b>92</b>  |
| <b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>  | <b>72</b>  | <b>36</b>           | <b>36</b>  |

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС   | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|--|
|  |   | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |   |  |   |  |
|  |   | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |   |  |   |  |
| 4 СЕМЕСТР  |   |                      |                             |                              |   |   |  |   |  |
| ОПК-1:<br>ИОПК-1.3<br><br>ОПК-7:<br>ИОПК-7.1<br>ИОПК-7.2<br>ИОПК-7.3   | Раздел 1 Основы химической термодинамики  |                      |                             |                              |   |   |  |   |  |
|  | Тема 1.1. Основные понятия термодинамики. Уравнения состояния   | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 7-15, [2.1] стр. 7-32   |  |   |  |
|  | Тема 1.2. Первое начало термодинамики. Приложение первого начала термодинамики к идеальным газам                              | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 15-19, [2.1] стр. 32-39 | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |
|  | Практическое занятие 1.1. Первое начало термодинамики. Приложение первого начала термодинамики к идеальным газам              |                      |                             | 2                            | 2   | подготовка к занятию [3.1] стр. 3-13                    |  |   |  |
|  | Тема 1.3. Термохимия: тепловые эффекты, стандартная реакция, вычисление тепловых эффектов в стандартных реакциях, закон Гесса | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 19-21                   |  |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС  | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|--|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |  |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |  |  |   |  |
|  | <b>Практическое занятие 1.2.</b><br>Вычисление тепловых эффектов в стандартных реакциях, закон Гесса. Контрольная работа.              |                      |                             | 4                            | 6   | подготовка к занятию [3.1] стр. 14-19<br>подготовка к КР [3.1] стр. 3-19 | Коллоквиум   |   |  |
|  | <b>Практическое занятие 1.3.</b><br>Лабораторная работа "Определение энтальпии гидратообразования соли"                                |                      |                             | 2                            | 3   | Оформление отчета [3.2] стр. 3-10  | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |
|  | <b>Тема 1.4.</b> Зависимость теплоемкости и теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгоффа.                             | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 22-26                                    |  |   |  |
|  | <b>Практическое занятие 1.4.</b><br>Зависимость теплоемкости и теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгоффа.          |                      |                             | 2                            | 2   | подготовка к занятию [3.1] стр. 19-23                                    |  |   |  |
|  | <b>Тема 1.5.</b> Принцип Карно и обобщение Клаузиуса. Второе начало термодинамики.   | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 21-22, 26-28, [2.1] стр. 39-41           | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |
|  | <b>Практическое занятие 1.5.</b> Второе начало термодинамики. Расчет энтропии в обратимых физических процессах и в химических реакциях |                      |                             | 2                            | 2   | подготовка к занятию [3.3] стр. 3-19, 28-35                              | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |
|  | <b>Практическое занятие 1.6.</b> Расчет энтропии в необратимых физических процессах.   |                      |                             | 2                            | 2   | подготовка к занятию [3.3] стр. 19-28, 28-35                             |  |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС   | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |   |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |   |  |   |  |
|  | <b>Тема 1.6.</b> Статистическая природа энтропии. Термодинамическая вероятность. Энтропия системы как мера неупорядоченности системы. Постулат Планка.                                   | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.2] стр. 31-39, [2.1] стр. 41-55 | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |
|  | <b>Практическое занятие 1.7.</b> Постулат Планка. Расчет абсолютной энтропии   |                      |                             | 2                            | 2   | подготовка к занятию [3.3] стр. 28-35                   |  |   |  |
|  | <b>Тема 1.7.</b> Объединенное выражение первого и второго законов термодинамики. Термодинамические функции U, H, A, G. Основные дифференциальные уравнения для термодинамических функций | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.2] стр. 39-45                   |  |   |  |
|  | <b>Практическое занятие 1.8.</b> Влияние давления и температуры на функции Гиббса и Гельмгольца  |                      |                             | 2                            | 4   | подготовка к занятию [3.1] стр. 19-20, [3.3] стр. 28-35 | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |
|  | <b>Тема 1.8.</b> Использование основных термодинамических уравнений. Термодинамические функции как критерий направленности в самопроизвольных процессах и состояния равновесия.          | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 29-31, [2.1] стр. 55-61 | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС   | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |   |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |   |  |   |  |
|  | Тема 1.9. Химический потенциал. Основные термодинамические уравнения для открытых систем. Зависимость химического потенциала идеального газа и компонента в смеси идеальных газов от температуры и давления. | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 31-39, [1.2] стр. 48-50                             |  |   |  |
|  | Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:<br>домашняя контрольная работа   |                      |                             |                              | 4   | Выполнение домашних КР (по выбору преподавателя) [3.1] стр. 14-23, [3.3] стр. 28-35 |  |   |  |
|  | Итого по 1 разделу   | 18                   |                             | 18                           | 36  |   |  |   |  |
| ОПК-1:<br>ИОПК-1.3   | Раздел 2 Приложения химической термодинамики. Химическое равновесие в многокомпонентных системах   |                      |                             |                              |   |   |  |   |  |
|  | Тема 2.1. Условия направленности и равновесия в химических реакциях.   | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.2] стр. 57-61, [2.1] стр. 61-68                             |  |   |  |
|  | Практическое занятие 2.1. Условия направленности и равновесия в химических реакциях.   |                      |                             | 4                            | 4   | подготовка к занятию [3.4] стр. 3-9, 16-23  | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС   | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |   |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |   |  |   |  |
|  | <b>Тема 2.2.</b> Уравнение изотермы химической реакции. Константа равновесия для гомогенной реакции в идеальной газовой смеси и способы ее выражения.  | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.2] стр. 61-63, [2.1] стр. 68-70 |  |   |  |
|  | <b>Тема 2.3.</b> Способы выражения константы равновесия Связь $K_p$ , $K_c$ , $K_x$ , $K_n$ . Методы вычисления и экспериментального определения константы равновесия. Особенности химического равновесия в гетерогенной реакции | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.2] стр. 64-67                   | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |
|  | <b>Тема 2.4.</b> Принципы расчета равновесного состава гомогенной химической реакции по термодинамическим данным.  | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.2] стр. 65-67, [2.1] стр. 70-74 |  |   |  |
|  | <b>Практическое занятие 2.2.</b> Расчет равновесного состава химической реакции по термодинамическим данным  |                      |                             | 4                            | 4   | подготовка к занятию [3.4] стр. 9-11, 23-26             | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |



| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС   | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |   |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |   |  |   |  |
|  | Тема 2.5. Влияние давления и температуры на положение равновесия и равновесный выход продуктов. Принцип Ле-Шателье. Зависимость константы равновесия от температуры.                                     | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.2] стр.63-64, 67-69   | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |
|  | Практическое занятие 2.3. Влияние давления и температуры на положение равновесия и равновесный выход продуктов. Принцип Ле-Шателье. Зависимость константы равновесия от температуры. Контрольная работа. |                      |                             | 4                            | 7   | подготовка к занятию [3.4] стр.11-13, 27-29<br>подготовка к КР [3.4] стр. 3-15, 33-35 | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |
|  | Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:<br>домашняя контрольная работа   |                      |                             |                              | 4   | выполнение домашних КР (по выбору преподавателя) [3.4] стр. 26, 29-32                 |  |   |  |
|  | Итого по 2 разделу   | 10                   |                             | 12                           | 24  |   |  |   |  |
|  | Раздел 3 Фазовые равновесия в однокомпонентной системе   |                      |                             |                              |   |   |  |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС                                 | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |   |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |   |  |   |  |
| ОПК-1:<br>ИОПК-1.3   | <b>Тема 3.1.</b> Понятия "фаза", "компонент", "степень свободы". Термодинамические условия равновесия между фазами и фазовых переходов. Правило фаз Гиббса. Вывод и интегрирование уравнения Клаузиуса - Клапейрона. Диаграмма состояния для однокомпонентной системы. | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.2] стр. 113-119 |  |   |  |
|  | <b>Тема 3.2.</b> Уравнение Клаузиуса – Клапейрона, его применение для определения термодинамики фазовых переходов жидкость-пар, твердое тело-пар. Диаграмма состояния для однокомпонентной системы.  | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.2] стр. 119-124 |  |   |  |
|  | <b>Практическое занятие 3.1.</b> Уравнение Клаузиуса – Клапейрона. Фазовые равновесия в однокомпонентной системе   |                      |                             | 4                            | 4   | подготовка к занятию [3.5] стр. 3-23    |  |   |  |
|  | <b>Тема 3.3.</b> Полиморфизм в однокомпонентной системе. Монокотропные и энантиотропные полиморфные превращения.   | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 83-94   |  |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС   | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|--|
|  |   | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |   |  |   |  |
|  |   | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |   |  |   |  |
|  | Самостоятельная работа по<br>освоению 3 раздела:<br>домашняя контрольная работа   |                      |                             |                              | 4   | выполнение<br>домашних КР<br>[3.5] стр. 24-28<br>(по выбору<br>преподавателя) |  |   |  |
|  | Итого по 3 разделу  | 6                    |                             | 4                            | 11  |   |  |   |  |
| ИТОГО по дисциплине за 4 семестр   |   | 34                   |                             | 34                           | 71  |   |  |   |  |
| 5 СЕМЕСТР  |   |                      |                             |                              |   |   |  |   |  |
| ОПК-1:<br>ИОПК-1.3<br><br>ОПК-7:<br>ИОПК-7.1<br>ИОПК-7.2<br>ИОПК-7.3   | Раздел 4 Термодинамика растворов неэлектролитов   |                      |                             |                              |   |   |  |   |  |
|  | Тема 4.1. Классификация растворов неэлектролитов. Химический потенциал компонентов совершенного, бесконечно разбавленного растворов. Понятие гипотетического стандартного состояния компонента в растворе. Термодинамические условия образования идеальных растворов. | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям<br>[1.1] стр. 52-55                                      |  |   |  |
|  | Тема 4.2. Основные законы растворов неэлектролитов: Закон Рауля, Закон Генри. Закон распределения вещества между несмешивающимися жидкостями. Экстракция.   | 1                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям<br>[1.1] стр. 55-59, [1.2] стр. 80-88, [2.1] стр. 81-140 | лекция-объяснение с<br>частичным<br>привлечением формы<br>дискуссии, беседы                                |   |  |
|  | Практическое занятие 4.1. Основные законы растворов неэлектролитов  |                      |                             | 4                            | 2   | подготовка к занятию<br>[3.6] стр. 3-39                                       |  |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС   | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>рабога студентов<br>(СРС), час |   |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |   |  |   |  |
|  | Лабораторная работа № 4.1<br>Исследование равновесия гомогенной химической реакции в растворе  |                      | 8                           |                              | 4   | подготовка к ЛР<br>[3.7] стр. 3-8                               | Практическое занятие<br>с частичным<br>привлечением формы<br>дискуссии, беседы                             |   |  |
|  | Лабораторная работа № 4.2<br>Сдача отчетов. Контрольная работа   |                      | 2                           |                              | 2   | Оформление отчета<br>ЛР [3.7] стр. 6-9                          | Коллоквиум   |   |  |
|  | Тема 4.3. Коллигативные свойства растворов.  | 1                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям<br>[1.2] стр. 91-95, [1.1]<br>стр. 72-74   |  |   |  |
|  | Тема 4.4. Реальные растворы неэлектролитов. Активность, коэффициент активности. Способы определения коэффициента активности.   | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям<br>[2.1] стр. 143-150, [1.1]<br>стр. 59-63 |  |   |  |
|  | Итого по 4 разделу   | 6                    | 10                          | 4                            | 12  |   |  |   |  |
|  | Раздел 5 Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах  |                      |                             |                              |   |   |  |   |  |
| ОПК-1:<br>ИОПК-1.3<br><br>ОПК-7:<br>ИОПК-7.1<br>ИОПК-7.2<br>ИОПК-7.3   | Тема 5.1. Равновесие жидкий раствор - пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса-Коновалова. Азеотропные растворы. Физико-химические основы разделения жидких смесей на чистые вещества. | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям<br>[1.1] стр. 76-81                        |  |   |  |
|  | Лабораторная работа № 5.1 Фазовые равновесия жидкость-пар в двойной системе  |                      | 8                           |                              | 4   | подготовка к ЛР [3.8]<br>стр. 3-19                              | Практическое занятие<br>с частичным<br>привлечением формы<br>дискуссии, беседы                             |   |  |
|  | Лабораторная работа № 5.2 Сдача отчетов. Контрольная работа  |                      | 2                           |                              | 3   | Оформление отчета<br>ЛР [3.8] стр. 18-21                        | Коллоквиум   |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС  | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|--|--|---|--|
|  |   | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |  |  |   |  |
|  |   | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |  |  |   |  |
|  | Тема 5.2. Равновесие жидкий раствор - пар в двухкомпонентных системах с ограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии, с отсутствием растворимости в жидком состоянии. Теоретические основы перегонки с водяным паром. | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.2] стр. 130-136                                  | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |
|  | Практическое занятие 5.1. Равновесие жидкий раствор - пар в двухкомпонентных системах   |                      |                             | 4                            | 2   | подготовка к занятию [3.9] стр. 3-21                                     | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |
|  | Тема 5.3. Кристаллизация растворов. Кривые охлаждения растворов. Построение диаграмм состояния двухкомпонентных систем по кривым охлаждения. Диаграммы плавкости  | 4                    |                             |                              | 2   | подготовка к лекциям [1.2] стр. 130-139, [1.1] стр. 93-98                | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |
|  | Практическое занятие 5.2. Построение диаграмм состояния двухкомпонентных систем по кривым охлаждения. Диаграммы плавкости. Контрольная работа.  |                      |                             | 6                            | 5   | подготовка к занятию [3.9] стр. 22-31<br>подготовка к КР [3.9] стр. 3-16 | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |
|  | Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:<br>домашняя контрольная работа  |                      |                             |                              | 6   | выполнение домашних КР [3.9] стр. 17-31<br>(по выбору преподавателя)     |  |   |  |
|  | Итого по 5 разделу  | 8                    | 10                          | 10                           | 24  |  |  |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС   | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |   |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |   |  |   |  |
| ОПК-1:<br>ИОПК-1.3<br><br>ОПК-7:<br>ИОПК-7.1<br>ИОПК-7.2<br>ИОПК-7.3   | Раздел 6 Термодинамика растворов электролитов. Электрохимические цепи.   |                      |                             |                              |   |   |  |   |  |
|  | Тема 6.1. Понятие электрохимического потенциала. Химический потенциал ионов электролита, активность, коэффициент активности, ионная сила раствора электролита. Предельный закон Дебая-Хюккеля. | 2                    |                             |                              |   | подготовка к лекциям [2.1] стр. 150-199, [1.1] стр. 211-222 |  |   |  |
|  | Тема 6.2. Электродные потенциалы. Классификация электродов. Гальванический элемент. Связь ЭДС гальванического элемента с изменением энергии Гиббса химической реакции.                         | 2                    |                             |                              |   | подготовка к лекциям [2.1] стр. 199-209, [1.1] стр. 223-227 |  |   |  |
|  | Лабораторная работа № 6.1 Определение константы равновесия и термодинамических характеристик окислительно-восстановительных реакций по электрохимическим данным                                |                      | 6                           |                              |   | подготовка к ЛР [3.10] стр. 3-18                            | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |
|  | Лабораторная работа № 6.2 Сдача отчетов. Контрольная работа  |                      | 2                           |                              |   | Оформление отчета ЛР [3.10] стр. 18-21                      | Коллоквиум   |   |  |
|  | Тема 6.3. Определение термодинамических характеристик окислительно-восстановительной реакции по электрохимическим данным.  | 1                    |                             |                              |   | подготовка к лекциям [2.1] стр. 209-220                     | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС                                 | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|--|
|  |   | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |   |  |   |  |
|  |   | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |   |  |   |  |
|  | Практическое занятие 6.1. Определение термодинамических характеристик окислительно-восстановительной реакции по электрохимическим данным  |                      |                             | 4                            |   | подготовка к занятию [3.10] стр. 3-15   |  |   |  |
|  | Тема 6.4. Определение стандартного электродного потенциала по экспериментальным данным  | 1                    |                             |                              |   | подготовка к лекциям [2.1] стр. 220-225 |  |   |  |
|  | Итого по 6 разделу  | 6                    | 8                           | 4                            | 12  |   |  |   |  |
| ОПК-1:<br>ИОПК-1.3<br><br>ОПК-7:<br>ИОПК-7.1<br>ИОПК-7.2<br>ИОПК-7.3   | Раздел 7 Химическая кинетика  |                      |                             |                              |   |   |  |   |  |
|  | Тема 7.1. Основные понятия химической кинетики: скорость химической реакции, основной постулат химической кинетики для элементарной реакции, основное кинетическое уравнение химического процесса | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 128-132 | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |
|  | Тема 7.2. Дифференциальные методы определения общего и частного порядков реакции  | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 133-135 |  |   |  |
|  | Тема 7.3. Интегральные кинетические уравнения простых реакций первого, второго, третьего порядков. Интегральный метод определения общего порядка сложной реакции.                                 | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 135-149 |  |   |  |
|  | Практическое занятие 7.1. Методы определения порядков химических реакций  |                      |                             | 6                            | 4   | подготовка к занятию [3.11] стр. 3-12   | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС  | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|--|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |  |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |  |  |   |  |
|  | Лабораторная работа № 7.1<br>Поляриметрическое исследование кинетики кислотной инверсии сахарозы                                 |                      | 7                           |                              | 5   | подготовка к ЛР<br>[3.12] стр. 3-26  | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |
|  | Лабораторная работа № 7.2 Сдача отчетов. Контрольная работа  |                      | 2                           |                              | 3   | Оформление отчета ЛР [3.12] стр. 25-27                                     | Коллоквиум   |   |  |
|  | Тема 7.4. Последовательная реакция первого порядка. Метод Боденштейна.   | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 149-151                                    |  |   |  |
|  | Лабораторная работа № 7.3<br>Кинетика гомогенных химических реакций. Изучение кинетики йодирования ацетона                       |                      | 12                          |                              | 6   | подготовка к ЛР [3.13] стр. 3-27   | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |
|  | Лабораторная работа № 7.4 Сдача отчетов. Контрольная работа  |                      | 2                           |                              | 3   | Оформление отчета ЛР [3.5] стр. 25-29                                      | Коллоквиум   |   |  |
|  | Тема 7.5. Кинетика параллельной реакции первого порядка, обратимой реакции первого порядка. Метод квазиравновесного приближения  | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 143-146                                    | лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы   |   |  |
|  | Практическое занятие 7.2. Кинетика сложных химических реакций. Приближенные методы анализа кинетических схем. Контрольная работа |                      |                             | 8                            | 5   | подготовка к занятию [3.11] стр. 12-22<br>подготовка к КР [3.11] стр. 3-22 |  |   |  |
|  | Тема 7.6. Влияние температуры на скорость химической реакции. Уравнение Аррениуса. Энергия активации, ее определение             | 1                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 159-161                                    |  |   |  |



| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС  | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий <sup>12</sup> | Реализация<br>в рамках<br>Практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>13</sup> | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) <sup>14</sup> |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|--|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>рабога студентов<br>(СРС), час |  |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |  |  |   |  |
|  | Практическое занятие 7.3. Влияние температуры на скорость химической реакции. Уравнение Аррениуса  |                      |                             | 2                            | 2   | подготовка к занятию [3.11] стр. 22-26                                     | Практическое занятие с частичным привлечением формы дискуссии, беседы                                      |   |  |
|  | Тема 7.7. Теории химической кинетики. Основное кинетическое уравнение теории активированного комплекса. Параметры активации. Уравнение Эйринга | 1                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 161-174                                    |  |   |  |
|  | Практическое занятие 7.4. Определение параметров активации. Уравнение Эйринга. Контрольная работа  |                      |                             | 2                            | 2   | подготовка к занятию [3.11] стр. 22-26<br>подготовка к КР [3.11] стр.22-26 |  |   |  |
|  | Тема 7.8. Основные положения гомогенного катализа  | 2                    |                             |                              | 1   | подготовка к лекциям [1.1] стр. 183-187                                    |  |   |  |
|  | Самостоятельная работа по освоению 7 раздела:<br>домашняя контрольная работа   |                      |                             |                              | 6   | выполнение домашних КР [3.11] стр. 3-26<br>(по выбору преподавателя)       |  |   |  |
|  | Итого по 7 разделу   | 14                   | 23                          | 18                           | 44  |  |  |   |  |
| ИТОГО по дисциплине за 5 семестр   |  | 34                   | 51                          | 34                           | 92  |  |  |   |  |
| ИТОГО по дисциплине  |  | 68                   | 51                          | 68                           | 163   |  |  |   |  |

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: тестирование по темам лекционных занятий, решение практических задач, контрольные работы.

### **5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

Вопросы, индивидуальные задания и задачи представлены в методических указаниях к практическим и лабораторным занятиям, представленных в п. 6.3.

### **5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине для текущего контроля в семестре (первая и вторая контрольная неделя) применяется **балльно-рейтинговая/традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

*Таблица 5 – Балльно-рейтинговая система оценивания*

| <b>Шкала<br/>оценивания</b> | <b>Экзамен</b>      |
|-----------------------------|---------------------|
| <b>41-50</b>                | Отлично             |
| <b>31-40</b>                | Хорошо              |
| <b>21-30</b>                | Удовлетворительно   |
| <b>0-20</b>                 | Неудовлетворительно |

При промежуточном контроле (экзамен) успеваемость студентов оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

**Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Критерии оценивания результатов обучения  |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|
|  |  | Оценка<br>«неудовлетворительно»<br>/ «не зачтено»<br>0-59%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«удовлетворительно» /<br>«зачтено»<br>60-74%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  | Оценка<br>«хорошо» /<br>«зачтено»<br>75-89%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«отлично» /<br>«зачтено»<br>90-100%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   |
| ПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях | <i>ИОПК-1.3. Изучает, анализирует и использует базовые знания в области общей, неорганической, физической и коллоидной химии и методов химического анализа для решения задач профессиональной деятельности</i> | Не знает условия направленности и равновесия в химических реакциях. Уравнение изотермы химической реакции. Константа равновесия для гомогенной реакции в идеальной газовой смеси и способы ее выражения. Связь $K_p$ , $K_c$ , $K_x$ , $K_n$ . Принцип Ле-Шателье. Термодинамические условия равновесия между фазами. Правило фаз Гиббса. Диаграмма состояния для однокомпонентной системы. Равновесие жидкий раствор - пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса-Коновалова. Законы растворов неэлектролитов. Диаграммы плавкости. Гальванические элементы. ЭД. гальванического элемента. Связь ЭДС гальванического элемента с термодинамическими величинами химической реакции. Скорость химической реакции. Постулаты химической кинетики, кинетические уравнения простых и сложных реакций. Уравнение Аррениуса, теорию активированного комплекса. | Частично знает условия направленности и равновесия в химических реакциях. Уравнение изотермы химической реакции. Константа равновесия для гомогенной реакции в идеальной газовой смеси и способы ее выражения. Связь $K_p$ , $K_c$ , $K_x$ , $K_n$ . Принцип Ле-Шателье. Термодинамические условия равновесия между фазами. Правило фаз Гиббса. Диаграмма состояния для однокомпонентной системы. Равновесие жидкий раствор - пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса-Коновалова. Законы растворов неэлектролитов. Диаграммы плавкости. Гальванические элементы. ЭД. гальванического элемента. Связь ЭДС гальванического элемента с термодинамическими величинами химической реакции. Скорость химической реакции. Постулаты химической кинетики, кинетические уравнения простых и сложных реакций. Уравнение Аррениуса, теорию активированного комплекса | Хорошо знает условия направленности и равновесия в химических реакциях. Уравнение изотермы химической реакции. Константа равновесия для гомогенной реакции в идеальной газовой смеси и способы ее выражения. Связь $K_p$ , $K_c$ , $K_x$ , $K_n$ . Принцип Ле-Шателье. Термодинамические условия равновесия между фазами. Правило фаз Гиббса. Диаграмма состояния для однокомпонентной системы. Равновесие жидкий раствор - пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса-Коновалова. Законы растворов неэлектролитов. Диаграммы плавкости. Гальванические элементы. ЭД. гальванического элемента. Связь ЭДС гальванического элемента с термодинамическими величинами химической реакции. Скорость химической реакции. Постулаты химической кинетики, кинетические уравнения простых и сложных реакций. Уравнение Аррениуса, теорию активированного комплекса | Знает в совершенстве условия направленности и равновесия в химических реакциях. Уравнение изотермы химической реакции. Константа равновесия для гомогенной реакции в идеальной газовой смеси и способы ее выражения. Связь $K_p$ , $K_c$ , $K_x$ , $K_n$ . Принцип Ле-Шателье. Термодинамические условия равновесия между фазами. Правило фаз Гиббса. Диаграмма состояния для однокомпонентной системы. Равновесие жидкий раствор - пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса-Коновалова. Законы растворов неэлектролитов. Диаграммы плавкости. Гальванические элементы. ЭД. гальванического элемента. Связь ЭДС гальванического элемента с термодинамическими величинами химической реакции. Скорость химической реакции. Постулаты химической кинетики, кинетические уравнения простых и сложных реакций. Уравнение Аррениуса, теорию активированного комплекса |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Критерии оценивания результатов обучения  |   |  |   |
|--------------------------------|--|---|---|--|---|
|                                |  | Оценка<br>«неудовлетворительно»<br>/ «не зачтено»<br>0-59%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«удовлетворительно» /<br>«зачтено»<br>60-74%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«хорошо» /<br>«зачтено»<br>75-89%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«отлично» /<br>«зачтено»<br>90-100%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  |
|                                |  | Не умеет рассчитывать равновесный состав химических реакций по термодинамическим данным, определять влияние внешних факторов на выход продукта, строить фазовые диаграммы в одно- и двухкомпонентных системах, решать практические задачи по фазовым диаграммам; применять законы растворов неэлектролитов; использовать электрохимические данные для расчета термодинамических величин редокс-реакций; анализировать кинетические схемы химических реакций приближенными методами, определять кинетические характеристики простых и сложных реакций. | Умеет рассчитывать с ошибками равновесный состав химических реакций по термодинамическим данным, определять влияние внешних факторов на выход продукта, строить фазовые диаграммы в одно- и двухкомпонентных системах, решать практические задачи по фазовым диаграммам; применять законы растворов неэлектролитов; использовать электрохимические данные для расчета термодинамических величин редокс-реакций; анализировать кинетические схемы химических реакций приближенными методами, определять кинетические характеристики простых и сложных реакций. | Умеет рассчитывать с небольшими ошибками равновесный состав химических реакций по термодинамическим данным, определять влияние внешних факторов на выход продукта, строить фазовые диаграммы в одно- и двухкомпонентных системах, решать практические задачи по фазовым диаграммам; применять законы растворов неэлектролитов; использовать электрохимические данные для расчета термодинамических величин редокс-реакций; анализировать кинетические схемы химических реакций приближенными методами, определять кинетические характеристики простых и сложных реакций. | Уверенно умеет рассчитывать равновесный состав химических реакций по термодинамическим данным, определять влияние внешних факторов на выход продукта, строить фазовые диаграммы в одно- и двухкомпонентных системах, решать практические задачи по фазовым диаграммам; применять законы растворов неэлектролитов; использовать электрохимические данные для расчета термодинамических величин редокс-реакций; анализировать кинетические схемы химических реакций приближенными методами, определять кинетические характеристики простых и сложных реакций. |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Критерии оценивания результатов обучения   |  |  |   |
|--------------------------------|--|--|--|--|---|
|                                |  | Оценка<br>«неудовлетворительно»<br>/ «не зачтено»<br>0-59%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  | Оценка<br>«удовлетворительно» /<br>«зачтено»<br>60-74%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  | Оценка<br>«хорошо» /<br>«зачтено»<br>75-89%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«отлично» /<br>«зачтено»<br>90-100%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  |
|                                |  | Не владеет навыками решения типовых задач по определению термодинамических величин ( $Q$ , $\Delta U$ , $\Delta H$ , $\Delta G$ ) в системе идеальный газ и в химических реакциях; навыками решения типовых и нетиповых задач по расчету равновесного состава химической реакции; навыками выполнения расчетно-графических работ по фазовым равновесиям в одно- и двухкомпонентных системах; навыками расчета термодинамических величин в равновесной электрохимии и растворах неэлектролитов; интегральными и дифференциальными методами анализа скоростей химических реакций | Частично владеет навыками решения типовых задач по определению термодинамических величин ( $Q$ , $\Delta U$ , $\Delta H$ , $\Delta G$ ) в системе идеальный газ и в химических реакциях; навыками решения типовых и нетиповых задач по расчету равновесного состава химической реакции; навыками выполнения расчетно-графических работ по фазовым равновесиям в одно- и двухкомпонентных системах; навыками расчета термодинамических величин в равновесной электрохимии и растворах неэлектролитов; интегральными и дифференциальными методами анализа скоростей химических реакций | Хорошо владеет навыками решения типовых задач по определению термодинамических величин ( $Q$ , $\Delta U$ , $\Delta H$ , $\Delta G$ ) в системе идеальный газ и в химических реакциях; навыками решения типовых и нетиповых задач по расчету равновесного состава химической реакции; навыками выполнения расчетно-графических работ по фазовым равновесиям в одно- и двухкомпонентных системах; навыками расчета термодинамических величин в равновесной электрохимии и растворах неэлектролитов; интегральными и дифференциальными методами анализа скоростей химических реакций | Отлично владеет навыками решения типовых задач по определению термодинамических величин ( $Q$ , $\Delta U$ , $\Delta H$ , $\Delta G$ ) в системе идеальный газ и в химических реакциях; навыками решения типовых и нетиповых задач по расчету равновесного состава химической реакции; навыками выполнения расчетно-графических работ по фазовым равновесиям в одно- и двухкомпонентных системах; навыками расчета термодинамических величин в равновесной электрохимии и растворах неэлектролитов; интегральными и дифференциальными методами анализа скоростей химических реакций |

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Критерии оценивания результатов обучения   |   |  |  |
|--|---|--|---|--|--|
|  |   | Оценка<br>«неудовлетворительно»<br>/ «не зачтено»<br>0-59%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  | Оценка<br>«удовлетворительно» /<br>«зачтено»<br>60-74%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«хорошо» /<br>«зачтено»<br>75-89%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«отлично» /<br>«зачтено»<br>90-100%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   |
| <b>ОПК-7.</b> Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы | <i>ИОПК-7.1. Осуществляет экспериментальные исследования и испытания по заданной методике</i> | Не знает физико-химические и химические методы исследования процессов на эмпирическом и теоретическом уровнях. Не умеет осуществлять лабораторный химический эксперимент с соблюдением норм техники безопасности; - пользоваться химическими реактивами, растворителями и химической посудой; собирать простейшие установки для проведения лабораторных исследований; пользоваться физическим, химическим оборудованием. Не владеет практическими навыками работы с реактивами; приемами работы в химической лаборатории | Частично знает физико-химические и химические методы исследования процессов на эмпирическом и теоретическом уровнях. Частично умеет осуществлять лабораторный химический эксперимент с соблюдением норм техники безопасности; - пользоваться химическими реактивами, растворителями и химической посудой; собирать простейшие установки для проведения лабораторных исследований; пользоваться физическим, химическим оборудованием. Слабо владеет практическими навыками работы с реактивами; приемами работы в химической лаборатории | Хорошо знает физико-химические и химические методы исследования процессов на эмпирическом и теоретическом уровнях. Хорошо умеет осуществлять лабораторный химический эксперимент с соблюдением норм техники безопасности; - пользоваться химическими реактивами, растворителями и химической посудой; собирать простейшие установки для проведения лабораторных исследований; пользоваться физическим, химическим оборудованием. Хорошо владеет практическими навыками работы с реактивами; приемами работы в химической лаборатории | Отлично знает физико-химические и химические методы исследования процессов на эмпирическом и теоретическом уровнях. Отлично умеет осуществлять лабораторный химический эксперимент с соблюдением норм техники безопасности; - пользоваться химическими реактивами, растворителями и химической посудой; собирать простейшие установки для проведения лабораторных исследований; пользоваться физическим, химическим оборудованием. Уверенно владеет практическими навыками работы с реактивами; приемами работы в химической лаборатории |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Критерии оценивания результатов обучения  |   |   |   |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|
|                                |   | Оценка<br>«неудовлетворительно»<br>/ «не зачтено»<br>0-59%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«удовлетворительно» /<br>«зачтено»<br>60-74%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«хорошо» /<br>«зачтено»<br>75-89%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  | Оценка<br>«отлично» /<br>«зачтено»<br>90-100%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  |
|                                | <i>ИОПК-7.2. Проводит необходимые наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности</i> | Не знает основные правила техники безопасности при работе в химической лаборатории; основные методы и приемы проведения эксперимента; лабораторную посуду, в том числе измерительную, и правила работы с ней. Не умеет пользоваться правилами безопасной работы в химической лаборатории. Не владеет основными приемами работы в химической лаборатории с соблюдением норм техники безопасности | Частично знает основные правила техники безопасности при работе в химической лаборатории; основные методы и приемы проведения эксперимента; лабораторную посуду, в том числе измерительную, и правила работы с ней. Слабо умеет пользоваться правилами безопасной работы в химической лаборатории. Слабо владеет основными приемами работы в химической лаборатории с соблюдением норм техники безопасности | Хорошо знает основные правила техники безопасности при работе в химической лаборатории; основные методы и приемы проведения эксперимента; лабораторную посуду, в том числе измерительную, и правила работы с ней. Умеренно умеет пользоваться правилами безопасной работы в химической лаборатории. Хорошо владеет основными приемами работы в химической лаборатории с соблюдением норм техники безопасности | Отлично знает основные правила техники безопасности при работе в химической лаборатории; основные методы и приемы проведения эксперимента; лабораторную посуду, в том числе измерительную, и правила работы с ней. Отлично умеет пользоваться правилами безопасной работы в химической лаборатории. Уверенно владеет основными приемами работы в химической лаборатории с соблюдением норм техники безопасности |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции                               | Критерии оценивания результатов обучения  |  |   |  |
|--------------------------------|--|---|--|---|--|
|                                |  | Оценка<br>«неудовлетворительно»<br>/ «не зачтено»<br>0-59%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«удовлетворительно» /<br>«зачтено»<br>60-74%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  | Оценка<br>«хорошо» /<br>«зачтено»<br>75-89%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  | Оценка<br>«отлично» /<br>«зачтено»<br>90-100%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   |
|                                | <i>ИОПК-7.3. Обрабатывает и интерпретирует полученные экспериментальные данные</i> | Не знает методы обработки экспериментальных данных, в том числе статистические; правила представления экспериментальных данных. Не умеет описывать проведенные эксперименты; выполнять расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; обрабатывать полученных экспериментальные данные; высказывать свою точку зрения в обсуждении результатов; проводить оценку практической значимости результатов исследования. Не владеет методами обработки результатов эксперимента; физико-химическим аппаратом расчетно-теоретических методов для изучения свойств веществ и процессов с их участием | Слабо знает методы обработки экспериментальных данных, в том числе статистические; правила представления экспериментальных данных. Частично умеет описывать проведенные эксперименты; выполнять расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных с ошибками; обрабатывать полученных экспериментальные данные; высказывать свою точку зрения в обсуждении результатов; проводить оценку практической значимости результатов исследования. Слабо владеет методами обработки результатов эксперимента; физико-химическим аппаратом расчетно-теоретических методов для изучения свойств веществ и процессов с их участием | Хорошо знает методы обработки экспериментальных данных, в том числе статистические; правила представления экспериментальных данных. Хорошо умеет описывать проведенные эксперименты; выполнять расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; обрабатывать полученных экспериментальные данные; высказывать свою точку зрения в обсуждении результатов; проводить оценку практической значимости результатов исследования. Хорошо владеет методами обработки результатов эксперимента; физико-химическим аппаратом расчетно-теоретических методов для изучения свойств веществ и процессов с их участием | Отлично знает методы обработки экспериментальных данных, в том числе статистические; правила представления экспериментальных данных. Уверенно умеет описывать проведенные эксперименты; выполнять расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; обрабатывать полученных экспериментальные данные; высказывать свою точку зрения в обсуждении результатов; проводить оценку практической значимости результатов исследования. Уверенно владеет методами обработки результатов эксперимента; физико-химическим аппаратом расчетно-теоретических методов для изучения свойств веществ и процессов с их участием |



## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда**

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

1.1 Касаткина И.В. Физическая химия: Учеб.пособие / И.В. Касаткина, Т.М. Прохорова, Е.В. Федоренко. - М.: РИОР, 2016. - 250 с.

1.2 Тимакова Е.В. Физическая химия. Химическая термодинамика: Учеб.пособие / Е.В. Тимакова, Е.М. Турло, Н.Ф. Уваров; Новосиб.гос.техн.ун-т. - Новосибирск, 2015. - 165с.

1.3 Кудряшева, Н.С. Физическая химия: Учебник / Н.С. Кудряшева, Л.Г. Бондарева. - М.: Юрайт, 2014. 341 с.

### **6.2. Справочно-библиографическая литература**

2.1 Карташов В.Р. Физическая химия. Избранные главы: Учеб. пособие/ В.Р. Карташов. НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород, 2018. - 225 с.

2.2 Карташов В.Р. Физическая химия растворов: Учеб. пособие/ В.Р. Карташов, Т.Н. Соколова, А.А. Калинина; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород, 2016. - 137 с.

### **6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

В список «Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям» включаются методические указания и рекомендации по проведению лабораторных и практических учебных занятий по данной дисциплине:

#### **6.3.1 Методические указания, разработанные преподавателями:**

3.1 Первое начало термодинамики. Термохимия: Учебно-метод. пособие к практ. занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Биотехнология" и "Химическая технол." дневной формы обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Т.Н.Соколова, Е.П.Комова, М.В.Темнова. Н.Новгород, 2020. - 31 с.

3.2 Определение энтальпии гидратообразования соли: Учебно-метод.пособие к лаб.занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технология" и "Биотехнология" дневной формы обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Т.Н.Соколова, М.В.Темнова. Н.Новгород, 2021. - 13 с.

3.3 Второй принцип термодинамики: Метод. указания к практ. занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технол.", "Биотехнология», «Электроника и наноэлектроника", "Материаловедение и технол. материалов", "Металлургия", всех форм обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева /, В.Р.Карташов, Т.Н.Соколова, А.А. Калинина, М.В.Челнокова, Е.П.Комова. Н.Новгород, 2013. - 36 с.

3.4 Химическое равновесие в идеально-газовых реакциях: Учебно-метод. пособие к практ. занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технол." и "Биотехнология" дневной формы обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Т.Н.Соколова, Е.П.Комова, М.В.Темнова. Н.Новгород, 2020. - 45 с.

3.5 Гетерогенные равновесия в однокомпонентной системе: Учебно-метод. пособие по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технол." и "Биотехнология" всех форм обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Е.П.Комова, Т.Н.Соколова, С.В. Плохов. Н.Новгород, 2021. - 29 с.

3.6 Растворы неэлектролитов: Метод.пособие к практ.занятиям по дисц. "Физическая химия", для студ., обучающихся по направлениям "Биотехнология", "Химическая технол.", "Электроника и нанoeлектроника", "Материаловедение и технол.материалов", "Металлургия", всех форм обучения/НГТУ им.Р.Е.Алексеева/Т.Н.Соколова, Г.М.Мочалов, Е.П. Комова, О.В. Кузина, А.А. Калинина, В.Р. Карташов. Н.Новгород, 2016. - 43 с.

3.7 Исследование равновесия гомогенной химической реакции в растворе: Учебно-метод. пособие к лаб.занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технология" и "Биотехнология" дневной формы обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Т.Н.Соколова, М.В.Темнова. Н.Новгород, 2021. - 10 с.

3.8 Фазовые равновесия жидкость-пар в двойной системе: Учебно-метод. пособие к лаб. занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технология" и "Биотехнология" дневной формы обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Т.Н.Соколова, Е.П.Комова. Н.Новгород, 2021. - 22 с.

3.9 Фазовые равновесия в двойной системе: Учебно-метод. пособие к практ. занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технол." и "Биотехнология" дневной формы обучения/НГТУ им.Р.Е.Алексеева/ Г.М.Мочалов, Т.Н.Соколова, Е.П.Комова, О.В.Кузина, В.Р.Карташов. Н.Новгород, 2015. - 37с.

3.10 Определение констант химического равновесия и величины  $\Delta G$  окислительно-восстановительной реакции по значению ЭДС гальванического элемента: Метод. указания к практ. занятиям по дисц. "Физическая химия", для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технол." и "Биотехнология", всех форм обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева/ В.Р. Карташов, Т.Н.Соколова, С.В. Плохов, Т.А. Аникина, А.А. Калинина, В.М. Прохоров. Н.Новгород, 2014. - 20 с.

3.11 Кинетика химических реакций: Учебно-метод. пособие к практ. занятиям по дисц."Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям " Химическая технология" и "Биотехнология" дневной формы обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Т.Н.Соколова, М.В.Темнова. Н.Новгород, 2021. - 39 с.

3.12 Поляриметрическое исследование кинетики кислотной инверсии сахарозы: Метод. указания к лаб.занятиям по дисц."Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Хим.технология" и "Биотехнология" дневной формы обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Т.Н.Соколова, С.Ю. Радостин, А.А. Калинина, В.Р. Карташов. Н.Новгород, 2014. - 27 с.

3.13 Кинетика йодирования ацетона в кислой среде: Учебно-метод. пособие к лаб.занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технология" и "Биотехнология" дневной формы обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева / Т.Н. Соколова, М.В. Темнова. Н. Новгород, 2021. - 29 с.

### **6.3.2 Методические указания, разработанные НГТУ**

3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г.  
Электронный адрес:

[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_aydit\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20).  
Дата обращения 23.09.2015.

3.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samocht\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samocht_rab.pdf?20).

3.3 Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf).

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### **7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
2. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elib.tolgas.ru/) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
6. *Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД)* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
7. *Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
8. *Университетская информационная система Россия* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

### **7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

**Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем**

| № | Наименование ЭБС     | Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС                            |
|---|----------------------|---|
| 1 | Консультант студента | <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a> |
| 2 | Лань                 | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>               |
| 3 | Юрайт                | <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>         |

**Таблица 8 - Перечень программного обеспечения**

| <b>Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе</b>                     | <b>Программное обеспечение свободного распространения</b> |
|--|---|
| Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)        | Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)           |
| Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14) | Adobe Acrobat Reader (FreeWare)                           |
| Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)                      |   |
| Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)  |   |
| Microsoft Office (лицензия № 43178972)   |   |
| Windows XP лиц. № 65609340   |   |
| Office 2007 лиц. № 43178971  |   |
| Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)  |   |
| MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)   |   |
| 1С предприятие 8.1 (лицензионное соглашение №800908353 с ЗАО «1С»)                                   |   |
| Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)  |   |
| Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)   |   |
| КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)   |   |
| Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016)  |   |

В табл. 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

**Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

| <b>№</b> | <b>Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы</b> | <b>Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)</b>           |
|----------|--|---|
| <b>1</b> | База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ                                   | <a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a> |
| <b>2</b> | Электронная база избранных статей по философии                                     | <a href="http://www.philosophy.ru/">http://www.philosophy.ru/</a>   |
| <b>3</b> | Единый архив экономических и социологических данных                                | <a href="http://sophist.hse.ru/data_access.shtml">http://sophist.hse.ru/data_access.shtml</a>                 |
| <b>4</b> | Базы данных Национального совета по оценочной деятельности                         | <a href="http://www.ncva.ru">http://www.ncva.ru</a>   |
| <b>5</b> | Справочная правовая система «КонсультантПлюс»                                      | доступ из локальной сети  |
| <b>6</b> | Информационно-справочная система «Техэксперт»                                      | доступ из локальной сети  |

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В табл. 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.ntnu.ru/sveden/accenv/>

**Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ**

| № | Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
|---|--|---|
| 1 | ЭБС «Консультант студента»   | озвучка книг и увеличение шрифта  |
| 2 | ЭБС «Лань»   | специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации  |
| 3 | ЭБС «Юрайт»  | версия для слабовидящих   |

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

**Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине**

| № | Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы  | Оснащенность аудиторий помещений и помещений  | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
|---|--|---|--|
| 1 | <b>1331</b><br>учебная аудитория для проведения практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24) | 1. Аквадистиллятор ДЭ-4-02-"ЭМО"<br>2. Весы электронные лабораторные<br>3. Шкафы сушильные различных модификаций и стран-изготовителей<br>4. Шкафы вытяжные<br>5. Рефрактометр<br>6. Баня водяная<br>7. Термостаты разных производителей<br>8. Фотоэлектроколориметр КФК-2МП<br>9. Хроматограф<br>10. Генератор водорода<br>11. Калориметр фотоэлектрический концентрационный КФК<br>12. Спектрофотометры различных |  |

| <b>№</b> | <b>Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы</b>   | <b>Оснащенность аудиторий помещений и помещений</b>  | <b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>   |
|----------|--|--|---|
|          |  | производителей и модификаций<br>13. Магнитные мешалки<br>14. Механические мешалки<br>15. Вакуумные насосы<br>16. Центрифуги<br>17. Химическая лабораторная посуда<br>18. Химические реактивы для проведения лабораторных работ |   |
| 2        | <b>1247</b><br>учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации   | 1. Доска меловая -1 шт.<br>2. Рабочее место студента на 150 чел.;<br>3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.  |   |
| 3        | <b>1221</b><br>Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)<br>(кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24) | 1. Доска меловая -1 шт.<br>2. Рабочее место студента на 50 чел.;<br>3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.;<br>4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)                             | 1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14);<br>2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024) |

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Обучение по дисциплине «Физическая химия» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, лабораторные занятия, практические занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, лабораторным занятиям, доклады с презентациями, индивидуальная консультация с преподавателем).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому лабораторному занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10- 15 минут).

2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10-15 минут).

3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в электронной библиотечной системе (по 1 часу).

4. При подготовке к лабораторному занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, – предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1-2 задачи.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами. Студенты, выполнившие все обязательные виды запланированных учебных занятий к прохождению промежуточной аттестации (экзамен).

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план; - уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций; -

связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;

- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;

- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;

- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и неизвестное, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием курсовой работы, участием в лабораторных работах, подготовкой и сдачей зачета/экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Лабораторные работы позволяют приобрести студентам умения работать с химическими реагентами, посудой и приборами, осуществлять химический эксперимент и проводить первичные научные исследования. В лабораторные работы введены элементы, повышающие интерес студентов к ним и их познавательную активность. Для повышения познавательной активности студентов и приобретения ими первичных навыков научного исследования, в эти классические лабораторные работы введены элементы научного исследования, как-то:

- а) выбрать один из предложенных реактивов для проведения реакции и оценить результат;

- б) объяснить протекание одной реакции и не протекание другой, на первый взгляд подобной, реакции;

- в) предсказать практическое значение той или иной реакции, сопровождающейся необычным эффектом, и т.д.



На лабораторных занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к лабораторному занятию:

1. Ознакомиться с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы.

2. Проработать конспект лекций.

3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к лабораторным занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

1. Ответить на вопросы плана лабораторного занятия.

2. Выполнить домашнее задание.

3. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

#### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в табл. 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

#### **10.5. Методические указания для выполнения контрольных работ**

При изучении курса «Физическая химия» проводится 5 контрольных работ по

разделам дисциплины.

В контрольную работу № 1 входят вопросы по первому началу термодинамики, термохимии, закону Гесса и закону Кирхгофа: задание 1- 30 (по выбору преподавателя) из методических указаний: Первое начало термодинамики. Термохимия: Учебно-метод. пособие к практ. занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Биотехнология" и "Химическая технол." дневной формы обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Т.Н.Соколова, Е.П.Комова, М.В.Темнова. Н.Новгород, 2020. - 31 с.

В контрольную работу № 2 входят вопросы по направленности химических реакций, вычислению константы равновесия, влияние различных факторов на состояние равновесия: задача 1-25 (по выбору преподавателя) из методических указаний: Химическое равновесие в идеально-газовых реакциях: Учебно-метод. пособие к практ. занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технол." и "Биотехнология" дневной формы обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Т.Н.Соколова, Е.П.Комова, М.В.Темнова. Н.Новгород, 2020. - 45 с.

В контрольную работу № 3 входят вопросы по гетерогенным равновесиям и фазовым переходам в однокомпонентной системе: вариант 1-24 (по выбору преподавателя) из методических указаний: Гетерогенные равновесия в однокомпонентной системе: Учебно-метод. пособие по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технол." и "Биотехнология" всех форм обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Е.П.Комова, Т.Н.Соколова, С.В. Плохов. Н.Новгород, 2021. - 29 с.

В контрольную работу № 4 входят вопросы по гетерогенным равновесиям и фазовым переходам в однокомпонентной системе: вариант 1-24 (по выбору преподавателя) из методических указаний: Гетерогенные равновесия в однокомпонентной системе: Фазовые равновесия в двойной системе: Учебно-метод. пособие к практ. занятиям по дисц. "Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям "Химическая технол." и "Биотехнология" дневной формы обучения/НГТУ им.Р.Е.Алексеева/ Г.М.Мочалов, Т.Н.Соколова, Е.П.Комова, О.В.Кузина, В.Р.Карташов. Н.Новгород, 2015. - 37с.

В контрольную работу № 5 входят вопросы по кинетики простых и сложных химических реакций, определение их порядков интегральными и дифференциальными методами, зависимости скорости реакции от температуры: вариант 1-20 (по выбору преподавателя) из методических указаний: Кинетика химических реакций : Учебно-метод.пособие к практ. занятиям по дисц."Физ.химия" для студ., обучающихся по направлениям " Химическая технология" и "Биотехнология" дневной формы обучения / НГТУ им.Р.Е.Алексеева / Т.Н.Соколова, М.В.Темнова. Н.Новгород, 2021. - 39 с.

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Вопросы, индивидуальные задания и задачи представлены в методических указаниях к практическим и лабораторным занятиям [3.1 – 3.13], представленных в п. 6.3.

***Примеры типовых заданий:***

### **11.1.1. Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям**

**Тема 1.1. Первое начало термодинамики. Приложение первого начала термодинамики**

### к идеальным газам

- Первый закон термодинамики для идеального газа имеет следующий вид:

$$\delta Q = c_v dT + \frac{RT}{V} dV.$$

Вычислите количество теплоты  $Q_1$ , если система из состояния  $T_1V_1$  переходит изотермически в состояние  $T_1V_2$ ; количество теплоты  $Q_2$  при переходе системы из состояния  $T_1V_2$  в состояние  $T_2V_2$ ; количество теплоты  $Q_3$  при переходе системы из состояния  $T_1V_1$  в состояние  $T_2V_1$ ; количество теплоты  $Q_4$  при переходе системы из состояния  $T_2V_1$  в состояние  $T_2V_2$ . При расчетах полагать, что  $c_v = \text{const}$ . Покажите графически сумму теплот  $Q_1 + Q_2$  и  $Q_3 + Q_4$ . Покажите, что  $Q_1 + Q_2 \neq Q_3 + Q_4$ . Какой вывод из этого следует? Вычислите теплоту циклического процесса.

- Вычислите работу идеального газа ( $\delta W = PdV$ ) по пути

$$L_1 (P_1V_1 \rightarrow P_1V_2), \quad L_2 (P_1V_2 \rightarrow P_2V_2),$$

$$L_3 (P_1V_1 \rightarrow P_2V_1), \quad L_4 (P_2V_1 \rightarrow P_2V_2)$$

и по пути

$$L_1^I (T_1V_1 \rightarrow T_1V_2), \quad L_2^I (T_1V_2 \rightarrow T_2V_2),$$

$$L_3^I (T_1V_1 \rightarrow T_2V_1), \quad L_4^I (T_2V_1 \rightarrow T_2V_2).$$

Охарактеризуйте с точки зрения термодинамики пути  $L_1, L_2, L_3, L_4$  и  $L_1^I, L_2^I, L_3^I, L_4^I$ . Покажите графически количество работы на пути  $(L_1 + L_2)$ ,  $(L_3 + L_4)$ ,  $(L_1^I + L_2^I)$ ,  $(L_3^I + L_4^I)$ . Какой вывод следует из полученных результатов? Покажите, что  $W(L_1 + L_2) \neq W(L_3 + L_4)$  и  $W(L_1^I + L_2^I) \neq W(L_3^I + L_4^I)$ . Вычислите  $W$  в круговом процессе  $T_1V_1 \rightarrow T_1V_2 \rightarrow T_2V_1 \rightarrow T_1V_1$ .

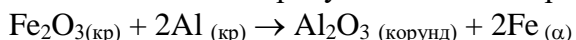
- Один моль одноатомного идеального газа переводится из состояния со следующими параметрами:  $P_1 = 2 \cdot 10^5$  Па,  $V_1 = 22,4$  л,  $T_1 = 596,3$  К, в состояние, характеризующееся параметрами:  $P_2 = 2 \cdot 10^5$  Па,  $V_2 = 12,2$  л,  $T_2 = 298,15$  К. Вычислите работу, количество теплоты, изменения внутренней энергии и энтальпии в этом процессе.

### Тема 1.4. Вычисление тепловых эффектов в стандартных реакциях, закон Гесса

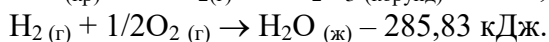
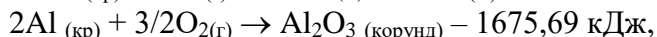
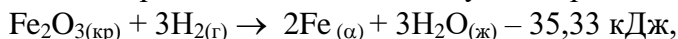
Аудиторные задачи:

- Вычислите энтальпию гидратообразования  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , если энтальпия растворения этой соли равна  $1,58$  кДж/моль, а энтальпия растворения безводной соли  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  равна  $-23,62$  кДж/моль.

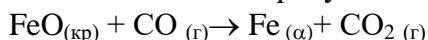
- Вычислите стандартную энтальпию при  $298$  К реакции



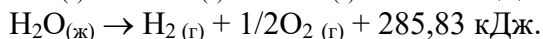
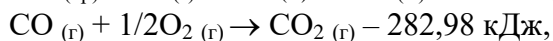
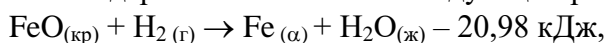
по стандартным энтальпиям следующих реакций:



- Вычислите стандартную энтальпию при  $298$  К реакции



по стандартным энтальпиям следующих реакций:

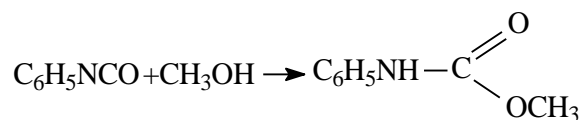


### Тема 1.5. Зависимость теплоемкости и теплового эффекта реакции от температуры.

#### Уравнение Кирхгофа



- Определите частный порядок по фенилизоцианату в реакции:



При проведении опытов с начальной концентрацией спирта 1,5 М были получены следующие значения начальных скоростей при концентрациях фенилизоцианата:

|   |       |       |        |
|---|-------|-------|--------|
| $[\text{C}_6\text{H}_5\text{NCO}]_0, \text{ М}$ | 0,02  | 0,03  | 0,06   |
| $V_0, \text{ моль/л}\cdot\text{с}$              | 0,296 | 0,456 | 0,756. |

Домашнее задание (задача 1.2.10; 1.2.27 из методических указаний: Соколова Т.Н., Комова Е.П., Челнокова М.В., Калинина А.А., Прохоров В.М., Карташов В.Р. «Кинетика химических реакций» НГТУ, 2012. 37 с.).

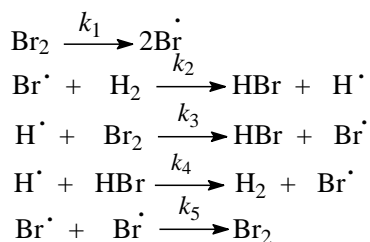
## Тема 7.2. Кинетика сложных химических реакций. Последовательные реакции.

### Приближенные методы анализа кинетических схем.

- При изучении реакции  $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{HBr}$  экспериментально установили, что скорость образования HBr в интервале температур 501-575 К выражается кинетическим уравнением:

$$V = \frac{d[\text{HBr}]}{dt} = \frac{k' [\text{H}_2][\text{Br}_2]^{1/2}}{1 + k'' [\text{HBr}]/[\text{Br}_2]}$$

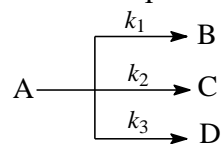
Для реакции был предложен следующий механизм реакции:



Используя метод квазистационарных концентраций, определите соответствие предлагаемого механизма экспериментально найденному кинетическому уравнению и выразите константы скорости  $k'$  и  $k''$  через константы элементарных стадий реакции.

### Параллельные реакции

- Реакция разложения вещества А протекает параллельно по трем направлениям:



Концентрации продуктов в смеси через 5 мин после начала реакции равны  $[\text{B}] = 3,2$  моль/л,  $[\text{C}] = 1,8$  моль/л,  $[\text{D}] = 4,0$  моль/л. Определите константы скорости  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ , если период полураспада вещества А равен 10 мин.

Домашнее задание (задача 2.2.10 из методических указаний: Соколова Т.Н., Комова Е.П., Челнокова М.В., Калинина А.А., Прохоров В.М., Карташов В.Р. «Кинетика химических реакций» НГТУ, 2012. 37 с.).

### Обратимые реакции

- Используя экспериментальные данные зависимости текущей концентрации  $\beta$ -оксикротонового эфира от времени для реакции изомеризации  $\beta$ -оксикротонового эфира (А) в ацетоуксусный эфир (В) при 25°C, найдите константы скорости прямой ( $k_1$ ) и обратной ( $k_{-1}$ ) реакции, если известно, что конечная, не изменяющаяся концентрация  $\beta$ -оксикротонового эфира составила 0,078 М:

|                 |       |       |       |       |       |       |       |        |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $t, \text{ч}$   | 0     | 71,8  | 145,5 | 215,8 | 264,3 | 333,3 | 383,5 | 506,6  |
| $[A], \text{М}$ | 0,366 | 0,277 | 0,215 | 0,174 | 0,152 | 0,130 | 0,121 | 0,100. |

### Тема 7.3. Влияние температуры на скорость химической реакции. Уравнение Аррениуса

- Энергия активации реакции иодирования 3,3-диметилциклопропена в метаноле равна 11,44 ккал·М<sup>-1</sup>, константа скорости при 5°C равна  $3,49 \cdot 10^{-2}$  л/моль·с. Определите константу скорости при 15°C и величину предэкспоненциального множителя.

### Тема 7.4. Определение параметров активации. Уравнение Эйринга

- При исследовании кинетики реакции роданирования *n*-Cl-стирола были получены следующие данные:

|  |      |      |       |
|--|------|------|-------|
| $t, ^\circ\text{C}$                          | 40   | 50   | 60    |
| $k \cdot 10^3, \text{л/моль} \cdot \text{с}$ | 0,99 | 2,02 | 3,97. |

Найдите аналитически и графически энергию активации,  $\Delta H^\ddagger$ ,  $\Delta S^\ddagger$ ,  $\Delta G^\ddagger$  этой реакции.

### 11.1.2. Типовые задания для лабораторных работ

#### Лабораторная работа «Определение энтальпии гидратообразования соли»

Контрольные вопросы:

1. Работа и теплота как формы передачи внутренней энергии. Первый принцип термодинамики.
2. Тепловой эффект химической реакции, теоретические основы закона Гесса.
3. Использование энтальпий образования веществ и энтальпий сгорания для расчета тепловых эффектов химических реакций
4. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры. Закон Кирхгофа.
5. Схема установки.
6. Принцип определения теплоты растворения.
7. Использование закона Гесса для определения теплоты гидратообразования соли по теплотам растворения.
7. Расчетные формулы.
8. Порядок выполнения работы.
9. Расчет навесок солей для выполнения работы.

#### Лабораторная работа «Исследование равновесия гомогенной химической реакции в растворе»

Контрольные вопросы:

1. Цель работы.
2. Термодинамическое условие равновесия (с выводом).
3. Как выражается химический потенциал компонентов раствора.
4. Как Вы понимаете гипотетическое состояние.
5. Как определить равновесные концентрации реагентов.

6. Порядок выполнения работы.
7. Обработка экспериментальных данных.
8. Анализ задания.

### **Лабораторная работа «Фазовые равновесия жидкость-пар в однокомпонентной системе»**

Контрольные вопросы:

1. Что называют фазой?
2. В чем заключаются условия стабильности фаз? (пояснить на зависимости химического потенциала от температуры).
3. Правило фаз Гиббса.
4. Вывод уравнения Клаузиуса-Клапейрона.
5. Определение термодинамических функций для перехода ж→п
6. Методы определения зависимости давления насыщенного пара жидкости от температуры.
7. Схема установки статического метода.
8. Порядок выполнения работы

### **Лабораторная работа «Фазовые равновесия жидкость-пар в двойной системе»**

Контрольные вопросы:

1. Что называется раствором? Классификация растворов.
2. Признаки идеального раствора.
3. Химические потенциалы компонентов растворов идеальных и совершенных
4. Закон Рауля.
5. Диаграмма состояния совершенный раствор-пар. Отклонения от закона Рауля.
6. Диаграммы состояния реальный раствор-пар. Азеотропные точки.
7. Принцип построения диаграмм состояния.
8. Порядок выполнения работы.
9. Расчет объемов компонентов раствора заданного состава (с проверкой).

### **Лабораторная работа «Определение константы химического равновесия и величины $\Delta G$ окислительно-восстановительных реакций по значению ЭДС гальванического элемента»**

Контрольные вопросы:

1. Какое устройство называют гальваническим элементом? Схема гальванического элемента. Способ записи.
2. Термодинамические различия химического и электрохимического в гальваническом элементе способа проведения окислительно-восстановительной реакции.
3. Что называют эдс гальванического элемента?
4. Условия определения равновесной эдс гальванического элемента.
5. При каких условиях эдс гальванического элемента может быть использована для определения термодинамических характеристик окислительно-восстановительной реакции?
6. Определения через эдс гальванического элемента константы равновесия, свободной энергии Гиббса, энтальпии и энтропии окислительно-восстановительной реакции
7. Порядок выполнения работы.

### **6. Лабораторная работа «Поляриметрическое исследование кинетики кислотной инверсии сахарозы»**

Контрольные вопросы

1. Что называют скоростью химической реакции?
2. Как экспериментально определяется скорость химической реакции?

3. Основной постулат химической кинетики
4. Основное кинетическое уравнение.
5. Физико-химический смысл константы скорости реакции, молекулярности.
6. Порядок сложной реакции, интегральный метод определения.
7. Метод Боденштейна в анализе кинетических схем
8. Механизм реакции инверсии сахарозы при кислотном катализе.
9. Вывод уравнения реакции методом Боденштейна. Какой порядок реакции следует ожидать? Согласуется ли это с химией реакции?
10. Интегральное уравнение реакции первого порядка.
11. Поляриметрический метод проведения кинетического эксперимента.
12. Что понимают под термином инверсия? Почему угол вращения изменяет свой знак?
13. Устройство и принцип работы поляриметра.
14. Как определяется константа скорости через углы вращения?
15. Порядок выполнения работы.

## **7. Лабораторная работа «Кинетика гомогенных химических реакций. Изучение кинетики йодирования ацетона»**

### **Контрольные вопросы**

1. Что называют скоростью химической реакции?
2. Как экспериментально определяется скорость химической реакции?
3. Основной постулат химической кинетики
4. Основное кинетическое уравнение.
5. Физико-химический смысл константы скорости реакции, молекулярности.
6. Порядок сложной реакции, методы определения общего порядка, частного порядка.
7. Дифференциальный метод определения частного порядка по ацетону? Йоду?
8. Интегральный метод определения общего порядка реакции?
9. Интегральное уравнение реакции первого порядка, второго, третьего?
10. Метод Боденштейна в анализе кинетических схем.
11. Вывод кинетического уравнения йодирования ацетона по предлагаемой схеме?
12. Какой порядок по йоду следует ожидать, исходя из полученного кинетического уравнения?
13. Какой вид будет иметь кинетическая зависимость текущей концентрации йода от времени?
14. Что называют катализатором? Почему реакцию относят к автокаталитическим?
15. Зависит ли скорость реакции от концентрации катализатора?
16. Почему в работе используется избыток HCl?
17. Как скорость реакции зависит от температуры?
18. Уравнение Аррениуса.
19. Уравнение Эйринга. Определение активационных параметров.
20. Порядок выполнения работы.

### **11.1.3. Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса**

#### **ЛЕКЦИЯ № 2**

**Первое начало термодинамики. Приложение первого начала термодинамики к идеальным газам**

### **ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ГРУППОВОГО ОБСУЖДЕНИЯ НА ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЯХ:**

1. Система участвовала в сложном физико-химическом процессе. В каком случае можно утверждать, что суммарная работа, совершенная над системой, будет эквивалентна выделившейся теплоте?



2. Исходя из первого принципа термодинамики, покажите, что при адиабатном расширении идеального газа в пустоту температура газа не меняется.

3. Почему при адиабатном расширении реального газа в пустоту температура газа не остается постоянной?

4. Чему равно изменение энтальпии для любого чистого вещества в процессе, протекающем при постоянном объеме.

5. Чему равно изменение внутренней энергии и энтальпии в изолированной системе?

6. Студент сделал ошибку в рабочем журнале, описывая опыт по калориметрии в бомбе: «Поскольку  $\Delta H = \Delta U + P\Delta V$ , а опыт проводился при постоянном объеме, то  $\Delta H = \Delta U$ ». Какую ошибку допустил студент?

7. В изолированной системе протекает реакция сгорания водорода с образованием жидкой воды. Изменяется ли внутренняя энергия и энтальпия системы? Чему равна теплота процесса?

8. Теплота – функция процесса. По закону Гесса тепловой эффект реакции не зависит от пути процесса. Есть ли здесь противоречие? Дайте объяснение.

9. Какова связь между энтальпией и внутренней энергией химической реакции? В каких случаях можно пренебречь разницей между энтальпией и внутренней энергией?

#### 11.1.4. Типовые задания для контрольной работы

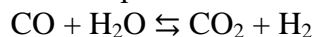
### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

#### ТЕМА «ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ В ИДЕАЛЬНО-ГАЗОВЫХ РЕАКЦИЯХ»

##### ВАРИАНТ 1.

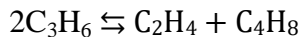
1. Изобразите схематически график зависимости константы равновесия  $K_p$  от температуры, если в данном интервале температур тепловой эффект реакции равен нулю.

2. Константа равновесия идеально-газовой реакции



при 970 К равна 1. Сделайте вывод о том, в какую сторону пойдёт реакция, если исходная реакционная смесь имеет следующий состав (в мольных процентах): 50% CO, 15% H<sub>2</sub>O, 20% CO<sub>2</sub> и 15% H<sub>2</sub>.

3. Зависимость константы равновесия идеальной газовой реакции



от температуры между 300 К и 600 К описывается уравнением

$$\ln K = -1,04 - 1088/T + 1,51 \cdot 10^5/T^2$$

Рассчитайте  $\Delta G^0$ ,  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  при 400 К.

4. Теплота образования  $\text{PCl}_{5(\text{г})}$  в стандартных условиях при 298 К равна - 456,6 кДж/моль. Как нужно изменить давление и температуру, чтобы увеличить равновесный выход  $\text{PCl}_5$  в реакции его образования?

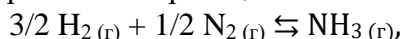
##### ВАРИАНТ 2.

1. Для реакции  $\text{PCl}_{5(\text{г})} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})}$  при 523 К эффективная константа равновесия равна  $1,8 \cdot 10^5$  Па. Чему равна степень диссоциации  $\text{PCl}_5$  при этой температуре и общем давлением в системе  $1,8 \cdot 10^5$  Па?

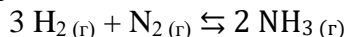
2. Концентрационная константа равновесия реакции

$\text{Ca(OH)}_{2(\text{ТВ})} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(\text{ТВ})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{Г})}$   
 при 772 К равна  $0,4 \cdot 10^5$  Па, а при 807 К -  $0,8 \cdot 10^5$  Па. Считая величину теплового эффекта реакции постоянной, найдите константу равновесия этой реакции при 750 К.

3. Величина  $K_p'$  есть константа равновесия реакции

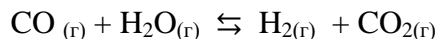


а  $K_p''$  есть константа равновесия реакции



Будет ли разница в величинах  $K_p'$  и  $K_p''$  при одинаковой температуре? Напишите количественное соотношение между  $K_p'$  и  $K_p''$ .

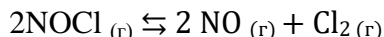
4. Константа равновесия  $K_p$  реакции



равна 1 при 930 К. Какого состава нужно взять исходную смесь, чтобы при 930 К равновесная смесь содержала по 20% мол.  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$ .

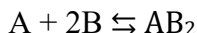
### ВАРИАНТ 3.

1. После того как некоторое количество молей  $\text{NOCl}_{(\text{Г})}$  было введено в сосуд при 500 К, в системе установилось равновесие:



Общее давление в сосуде  $1,01325 \cdot 10^5$  Па, а парциальное равновесное давление  $\text{NOCl}$  равно  $0,64 \cdot 10^5$  Па. Не используя справочные данные, рассчитайте величину  $\Delta G_{500}^0$ .

2. При смешении 1 моля вещества А с 1 молем вещества В в результате химической реакции



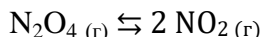
в равновесной смеси образовалась 0,2 моль вещества  $\text{AB}_2$ . Определите численное значение эффективной константы равновесия этой реакции при общем давлении  $1,01325 \cdot 10^5$  Па, если все вещества находятся в идеально-газовом состоянии.

3. Константа равновесия газофазной реакции изомеризации изоборнеола ( $\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{OH}$ ) в борнеол равна 9,43 при 503 К. Смесь 7,5 г борнеола и 14 г изоборнеола поместили в сосуд объемом 5л и выдерживали при 503 К до достижения равновесия. Рассчитайте мольные доля и массы борнеола и изоборнеола в равновесной смеси.

4. При 298 К теплота образования  $\text{CH}_3\text{Cl}_{(\text{Г})}$  равна -82,0 кДж/моль, а теплота образования  $\text{CH}_3\text{Br}_{(\text{Г})}$  равна -35,6 кДж/моль. Укажите, как зависит от температуры константа равновесия той и другой реакции; для какой из реакций константа равновесия сильнее изменяется при изменении температуры вблизи 298К.

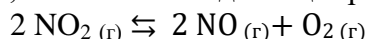
### ВАРИАНТ 4.

1. Для реакции



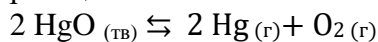
при 328 К концентрационная константа равновесия равна  $1,38 \cdot 10^5$  Па. Сколько молей  $\text{N}_2\text{O}_4$  следует поместить в сосуд емкостью 10 л для того, чтобы при наступлении равновесия концентрация  $\text{NO}_2$  в нем стала равной 0,1 моль/л.

2. При 767 К и общем давлении  $0,99 \cdot 10^5$  Па  $\text{NO}_2$  диссоциирована по уравнению:



на 56,5%. Рассчитайте, при каком давлении степень диссоциации двуокиси азота будет равно 80%.

3. Оксид ртути диссоциирует по реакции:



при 420<sup>0</sup>С давление газов равно 5,16·10<sup>5</sup> Па, а при 450<sup>0</sup>С - 10,8·10<sup>5</sup> Па. Рассчитайте константы равновесия при этих температурах и энтальпию диссоциации на 1 моль HgO.

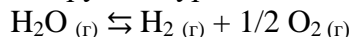
4. При изменении температуры от 500 до 1000 К при постоянном давлении равновесный выход CO в реакции



увеличился. Какой знак теплового эффекта этой реакции?

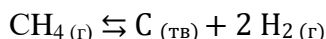
### ВАРИАНТ 5.

1. Один моль водяного пара диссоциирует по уравнению



Выразите константу равновесия K<sub>p</sub> через степень диссоциации и общее давление P в системе. Как изменится константа равновесия K<sub>p</sub>, если давление увеличить вдвое?

2. Константа равновесия реакции

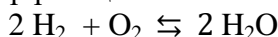


выражается уравнением

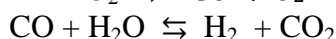
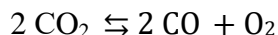
$$\ln K_p = -3853/T + 3,562 \ln T - 1,5 \cdot 10^{-3} T - 1,207 \cdot 10^{-7} T^2 - 4,216$$

Выведите уравнение зависимости стандартной энтальпии реакции от температуры и рассчитайте энтальпию реакции при 500 К.

3. Выразите константу равновесия K<sub>p</sub> реакции

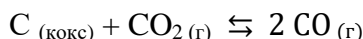


через константы равновесия реакций



Все вещества находятся в идеальном газовом состоянии.

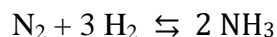
4. Вычислите для реакции



при 800<sup>0</sup>С и P=1 атм равновесный выход CO, если K<sub>p</sub> при данной температуре равна 6,6. В исходном состоянии находились только реагенты в стехиометрических соотношениях.

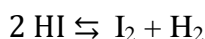
### ВАРИАНТ 6.

1. Константа равновесия реакции



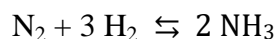
при 400<sup>0</sup>С равно 1,64·10<sup>-4</sup>. Какое общее давление необходимо приложить к эквимолярной смеси N<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>, чтобы 10% N<sub>2</sub> превратилось в NH<sub>3</sub>? Газы считать идеальными.

2. Для идеально-газовой реакции



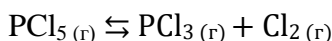
константа равновесия равна 1,83·10<sup>-2</sup> при 698,6 К. Сколько грамм HI образуется при нагревании до этой температуры 10г I<sub>2</sub> и 0,2г H<sub>2</sub> в трехлитровом сосуде? Чему равны равновесные парциальные давления HI, I<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>?

3. Для реакции



при 298 К константа равновесия K<sub>p</sub> равна 6,05·10<sup>5</sup>, а Δ<sub>f</sub>H<sup>0</sup>(NH<sub>3</sub>)= -46,1 кДж/моль. Оцените значение константы равновесия при 500К. Газы считать идеальными.

4. Сосуд объемом 1 л, содержащий 0,341 моль  $\text{PCl}_5$  и 0,233 моль  $\text{N}_2$ , нагрели до  $250^\circ\text{C}$ . Общее давление в сосуде при равновесии оказалось равным 29,33 атм. Считая все газы идеальными, рассчитайте константу равновесия при  $250^\circ\text{C}$  для протекающей в сосуде реакции:



### 11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устно-письменной форме по всему материалу изучаемого курса «Физическая химия»

Экзаменационный билет содержит 2 вопроса из разных тем курса и одну задачу.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ 4 семестр

#### Экзаменационный билет № 1

1. Физический смысл характеристических функций. Функции Гиббса и Гельмгольца как критерии направленности и равновесия.

2. Реальные растворы. Активность, коэффициент активности. Химический потенциал компонентов реального раствора неэлектролитов.

3. Задача: Константа равновесия реакции  $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$  при 693 К равна 50. Образуется ли иодид водорода при идеально обратимом проведении процесса при  $P=1$  атм, если исходные концентрации равны:

- А)  $\text{H}_2$  - 2 моль,  $\text{I}_2$  - 5 моль,  $\text{HI}$  - 10 моль.
- В)  $\text{H}_2$  - 1,5 моль,  $\text{I}_2$  - 0,25 моль,  $\text{HI}$  - 5 моль.
- С)  $\text{H}_2$  - 1,0 моль,  $\text{I}_2$  - 2,0 моль,  $\text{HI}$  - 10 моль.

#### Экзаменационный билет № 2

1. Уравнения Гиббса – Гельмгольца

2. Коллигативные свойства растворов нелетучих веществ.

3. Задача: Рассчитать теплоту образования безводной  $\text{CuCl}_2$  используя следующие данные:

|   |                 |
|---|-----------------|
| $\text{CuO (т)} + \text{HCl(р)} = \text{CuCl}_2(\text{р}) + \text{H}_2\text{O (ж)}$ | -63,89 кДж/моль |
| $\text{CuCl}_2(\text{т}) = \text{CuCl}_2(\text{р})$                                 | -46,36 кДж/моль |
| $\text{Cu(т)} + 1/2\text{O}_2 = \text{CuO (т)}$                                     | -155,2 кДж/моль |
| $\text{H}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) = 2\text{HCl(р)}$                     | -328,9 кДж/моль |
| $\text{H}_2(\text{г}) + 1/2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O (ж)}$                     | -285,8 кДж/моль |

#### Экзаменационный билет № 3

1. Химический потенциал. Фундаментальные уравнения термодинамики для открытых систем.

2. Реальные растворы. Активность, коэффициент активности. Химический потенциал компонентов реального раствора неэлектролитов.

3. Задача: Теплота растворения  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (т) при  $18^\circ\text{C}$  равна  $-11,3$  кДж/моль, а теплота гидратации этой соли при переходе в  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (т)  $-58,16$  кДж/моль. Определите теплоту растворения  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (т).

#### Экзаменационный билет № 4

1. Критерий направленности и равновесия в химических реакциях по Гиббсу
2. Коллигативные свойства растворов нелетучих веществ
3. Задача: Один моль ксенона при 298 К и давлении 2 атм расширяется адиабатически:  
а – обратимо до  $P_2 = 1$  атм;  
б – необратимо при  $P_{\text{внеш.}} = 1$  атм  
Найдите конечную температуру в каждом процессе.

#### Экзаменационный билет № 5

1. Уравнение изотермы Вант-Гоффа для идеально-газовых реакций. Условия применения.
2. Закон распределения Нернста. Экстракция
3. Задача: Рассчитайте изменение энтропии при добавлении 200г льда, находящегося при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ , к 200 г воды при  $90^{\circ}\text{C}$  в изолированном сосуде. Теплота плавления льда равна 6,0 кДж/моль, удельную теплоемкость воды принять равной 4,184 Дж/К г

#### Экзаменационный билет № 6

1. Химическое равновесие в идеально-газовых реакциях. Связь между  $K_p$  и  $\Delta G^{\circ}_T$  реакции. Влияние знака и значения  $\Delta G^{\circ}_T$  на положение равновесия.
2. Закон Генри
3. Задача: Зависимость мольной энтальпии диоксида олова от температуры выражается уравнением:  $\Delta H = 73,89 T + 5,021 \cdot 10^{-3} T^2 + 21,59 \cdot 10^5 T^{-1}$  Дж/моль.  
Получите выражение зависимости мольной теплоемкости  $c_p$  от температуры. Вычислите  $c_p$  при  $500^{\circ}\text{C}$  и результат сопоставьте со значением 71,077 Дж/моль·К

#### Экзаменационный билет № 7

1. Постулат Планка. Расчет абсолютной энтропии вещества.
2. Закон Рауля.
3. Задача. Сколько воды может испариться с  $1 \text{ м}^2$  поверхности озера в день, если предположить, что лимитирующим фактором является солнечное тепло  $4 \text{ Дж/мин} \cdot \text{см}^2$  за 8 часовой день? Предполагается, что температура воздуха и воды остаются постоянными, равными  $40^{\circ}\text{C}$ . Когда солнце садится, температура воздуха падает до  $20^{\circ}\text{C}$ . Предполагая, что избыток водяного пара выпадет в виде дождя, вычислите количество дождевой воды и количество теплоты, выделившейся при конденсации. Определите, как изменится температура. Считать, что  $\Delta h_{\text{исп. уд.}}(\text{H}_2\text{O}) = 2404 \text{ кДж/кг}$ , удельная теплота конденсации водяного пара равна  $-2257 \text{ кДж/кг}$

#### Экзаменационный билет № 8

1. Объединенное выражение I и II принципов термодинамики. Понятие характеристической функции. Внутренняя энергия и энтальпия как характеристические функции.
2. Классификация растворов неэлектролитов
3. Задача. При 298 К теплота образования  $\text{CH}_3\text{Cl}_{(г)}$  равна  $-82,0 \text{ кДж/моль}$ , а теплота образования  $\text{CH}_3\text{Br}_{(г)}$  равна  $-35,6 \text{ кДж/моль}$ . Укажите, как зависит от температуры константа равновесия той и другой реакции и, для какой из реакций константа равновесия сильнее изменяется при изменении температуры.

### Экзаменационный билет № 9

1. Функция Гиббса и Гельмгольца как характеристические функции
2. Чистые химические реакции
3. Задача: Проба нелетучей жирной кислоты общей формулы  $C_nH_{2n-3}COOH$  массой 1,263 г растворена в 500 г  $CCl_4$ . Температура кипения раствора составила  $76,804^\circ C$ . Определите, какая это кислота, если температура кипения чистого  $CCl_4$  равна  $76,76^\circ C$ , эбуллиоскопическая постоянная равна  $4,88$  град  $kg/mol$

### Экзаменационный билет № 10

1. Зависимость функции Гиббса от температуры.
2. Химическое равновесие в гетерогенных реакциях с участием газов
3. Задача: Вычислить тепловой эффект реакции восстановления оксида железа (II) водородом, используя следующие данные:  

|  |                  |
|--|------------------|
| $FeO (т) + CO (г) = Fe (т) + CO_2 (г)$ | -13,18 кДж/моль  |
| $CO (г) + 1/2O_2(г) = CO_2(г)$         | - 283,0 кДж/моль |
| $H_2(г) + 1/2O_2(г) = H_2O (г)$        | - 241,8 кДж/моль |

### Экзаменационный билет № 11

1. Физический смысл энтропии. Энтропийный критерий направленности процессов.
2. Равновесный процесс
3. Задача: Вычислите для реакции  $C_{\text{кокс}} + CO_2 = 2CO$  при  $800^\circ C$  и давлении 1 атм равновесный выход  $CO$ , если  $K_p$  при данной температуре равна 6,6. В исходном состоянии находились только реагенты в стехиометрических соотношениях.

### Экзаменационный билет № 12

1. Определение изменения энтропии в изобарном, изохорном процессах.
2. Использование энтальпий образования веществ и энтальпий сгорания для расчета тепловых эффектов химических реакций.
3. Задача: При  $767 K$  и общем давлении  $0,99 \cdot 10^5$  Па  $NO_2$  диссоциирована по уравнению:  $2NO_2 = 2NO + O_2$  на 56,5%. Рассчитайте, при каком давлении степень диссоциации двуокиси азота будет равна 80%.

### Экзаменационный билет № 13

1. Изменение энтропии химической реакции в зависимости от температуры.
2. Энтальпия образования ионов в растворе
3. Задача: Для реакции  $N_2O_4 = 2NO_2$  при  $328K$  концентрационная константа равновесия равна  $1,38 \cdot 10^5$  Па. Сколько молей  $N_2O_4$  следует поместить в сосуд емкостью 10 л для того, чтобы при наступлении равновесия концентрация  $NO_2$  в нем стала равной  $0,1$  моль/л

### Экзаменационный билет №14

1. Цикл Карно. Понятие энтропии. Второй принцип термодинамики
2. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры. Закон Кирхгофа.

3. Задача: Для реакции  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  при 930 К  $K_p=1$ . Какого состава нужно взять исходную смесь, чтобы при 930К равновесная смесь содержала по 20% мол.  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$

#### Экзаменационный билет № 15

1. Термодинамическая система, классификация термодинамических систем, термодинамические параметры, уравнения состояния, функции состояния, функции процесса.

2. Константы равновесия  $K_x$ ,  $K_c$ ,  $K_p$ , их связь с  $K_p$

3. Задача. Вычислить изменение энтропии при нагревании 11,2 л азота от 0<sup>0</sup>С до 50<sup>0</sup>С и одновременном уменьшении давления от 1 атм до 0,01 атм.

#### Экзаменационный билет № 16

1. Внутренняя энергия, ее составляющие, внутренняя энергия идеального газа, внутренняя энергия как функция состояния

2. Расчет равновесного состава химической реакции по значению константы равновесия (через  $\xi$ ).

3. Задача. Давления пара чистых  $\text{CHCl}_3$  и  $\text{CCl}_4$  при 25 <sup>0</sup>С равны 26,54 и 15,27 кПа. Полагая, что они образуют идеальный раствор, рассчитайте давление пара и состав пара над раствором, состоящим из 1 моля  $\text{CHCl}_3$  и 1 моля  $\text{CCl}_4$ .

#### Экзаменационный билет № 17

1. Работа и теплота как формы передачи внутренней энергии. Первый принцип термодинамики.

2. Принцип Ле-Шателье. Влияние давления и объема на положение равновесия.

3. Задача: При 57,2 <sup>0</sup>С и давлении 1 атм мольная доля ацетона в паре над раствором ацетон-метанол с мольной долей ацетона в растворе 0,4 равна 0,516. Рассчитайте активности и коэффициент активности ацетона в этом растворе на основе закона Рауля. Давление насыщенного пара чистого ацетона равно 786 мм рт. ст.

#### Экзаменационный билет № 18

1. Тепловой эффект химической реакции. Теоретические основы закона Гесса.

2. Влияние температуры на константу равновесия и положение равновесия.

3. Задача: Два моля геля нагревают от 373 К до 473К при давлении 1 атм. Вычислите изменение энергии Гиббса в этом процессе, если известно значение энтропии гелия при 373К, равное 131,7 Дж/моль К. Можно ли считать этот процесс самопроизвольным

#### Экзаменационный билет № 19

1. Применение первого принципа термодинамики в изобарном и изотермическом процессах идеальных газов.

2. Уравнение изобары Вант-Гоффа. Определение теплового эффекта химической реакции по температурной зависимости константы равновесия.

3. Задача: Определите, в каком из равновесных процессов с участием 1 моля идеального газа изменение энтропии будет наибольшим:

а) изобарическое нагревание от 300 до 400 К; б) изохорическое нагревание от 300 до 400К; в) изотермическое расширение от 300 до 400 м<sup>3</sup>; г) адиабатическое расширение от 300 до 400 м<sup>3</sup>.

### Экзаменационный билет № 20

1. Применение первого принципа термодинамики в изохорном и адиабатическом процессах идеальных газов.
2. Химический потенциал идеального газа.
3. Задача: Для реакции  $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$  при 298 К  $K_p = 6,0 \times 10^5$ ,  $\Delta H_f^0$  аммиака равна - 46,1 кДж/моль. Оцените значение константы равновесия при 500К.

### Экзаменационный билет № 21

1. Определение изменения энтропии в необратимом процессе.
2. Термодинамические закономерности образования идеальных растворов неэлектролитов
3. Задача: Рассчитайте константу равновесия для реакции  $CO(g) + 2H_2(g) = CH_3OH(g)$  при 500 К, если  $\Delta_f G^0$  для  $CO(g)$  и  $CH_3OH(g)$  при 500 К равны -155,41 кДж/моль и -134,20 кДж/моль соответственно

### Экзаменационный билет № 22

1. Зависимость функции Гиббса от давления
2. Химический потенциал компонентов идеальных растворов неэлектролитов. Особенности стандартного состояния растворенного вещества в бесконечно разбавленном растворе.
3. Задача: Для реакции  $N_2(g) + 3H_2(g) = 2NH_3(g)$  при 298 К значение  $K_p = 6 \cdot 10^5$ , а  $\Delta_f H^0(NH_3)_{(г)} = - 46,1$  кДж/моль. Оцените значение константы равновесия при 500К.

### Экзаменационный билет № 23

1. Расчет равновесного состава химической реакции по значению константы равновесия (через  $\theta$ ).
2. Парциальные мольные величины. Метод отрезков в определении парциальных мольных величин.
3. Задача: Рассчитайте изменение внутренней энергии гелия при изобарном расширении от 5 до 10 л под давлением 196 кПа.

### Экзаменационный билет № 24

1. Межмолекулярные взаимодействия в растворах неэлектролитов
2. Определение изменения энтропии в изотермическом процессе.
3. Задача: Теплота образования  $PCl_5(тв)$  в стандартных условиях при 298 К равна - 456,6 кДж/моль. Как нужно изменить давление и температуру, чтобы увеличить равновесный выход  $PCl_5$  в реакции его образования

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ 5 семестр

### Экзаменационный билет № 1

1. Правило фаз Гиббса (понятия фазы, вариантности системы, компонента системы).
2. Кинетическое уравнение простой реакции третьего порядка с равными начальными концентрациями реагентов. Интегральный метод определения общего порядка реакции.
3. Средний коэффициент активности KCl в водном растворе при  $m = 0,01$  моль/кг равен 0,992. Средний коэффициент активности  $KNO_3$  при  $m = 0,01$  моль/кг равен 0,916. Определите коэффициент активности ионов  $NO_3^-$ , если  $\gamma_{K^+} = \gamma_{Cl^-}$ .



### Экзаменационный билет № 2

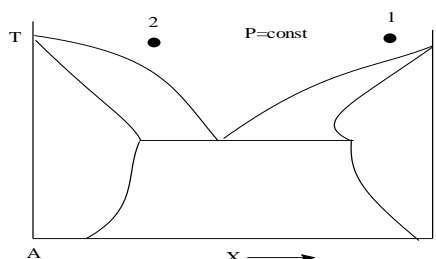
1. Термодинамическое условие стабильности фаз и фазового равновесия.
2. Обратимая реакция первого порядка
3. Задача. Для 0,1 моляльного раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  вычислите ионную силу, активность электролита, среднюю ионную активность, моляльность отдельных ионов, если  $\gamma_{\pm} = 0,035$  при 298 К.

### Экзаменационный билет № 3

1. Диаграммы состояния в однокомпонентной системе. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.
  2. Параллельная реакция первого порядка с общим реагентом
  3. Задача. ЭДС элемента  $\text{Pt}, \text{H}_2 (1 \text{ атм}) | \text{HCl}_{\text{p-p}} | \text{AgCl}, \text{Ag}$   
Измерялась при разных концентрациях  $\text{HCl}$ :
- |               |        |         |          |          |          |
|---------------|--------|---------|----------|----------|----------|
| $m$ , моль/кг | 0,1238 | 0,02563 | 0,009138 | 0,005619 | 0,003215 |
| $E$ , мВ      | 341,99 | 418,24  | 468,60   | 492,57   | 520,53   |
- Определите значение стандартного электродного потенциала хлорсеребряного электрода.

### Экзаменационный билет № 4

1. Фазовый переход жидкость  $\rightarrow$  пар в однокомпонентной системе, расчет энтальпии испарения, определение температуры нормального кипения, энтропии испарения. Критические явления.
2. Кинетическое уравнение простой реакции первого и второго порядка с равными начальными концентрациями реагентов.
3. Задача.



Нарисовать кривые охлаждения для указанных на диаграмме плавкости точек

### Экзаменационный билет № 5

1. Термодинамика фазового перехода твердое тело  $\rightarrow$  пар. Определение энтальпии сублимации, температуры сублимации.
2. Последовательная реакция первого порядка.
3. Задача. Рассчитайте моляльность раствора сульфата натрия, имеющего ионную силу 0,24 моль/кг.

### Экзаменационный билет № 6

1. Энантиотропные полиморфные превращения в однокомпонентных системах.
2. Понятие электрохимического потенциала, ионной силы раствора электролитов, уравнение Дебая-Хюккеля.
3. Задача. Вещество А реагирует с образованием продукта Р. Зависимость обратной концентрации вещества А от времени – прямая линия. Обнаружено, что период

полураспада при начальной концентрации  $1,0 \cdot 10^{-2}$  М составляет 20 мин. Каков порядок реакции? Напишите уравнение реакции, совместимое с кинетикой. Как изменится период полураспада при начальной концентрации А, равной  $3,0 \cdot 10^{-3}$  М?

#### Экзаменационный билет № 7

1. Теоретические основы фракционной перегонки в бинарных системах. Законы Гиббса-Коновалова
2. Электродный потенциал на межфазной границе «Металл-ион металла в растворе». Причины образования.
3. Задача. Гидролиз этилацетата протекает по реакции  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . За реакцией можно следить по исчезновению  $\text{OH}^-$ . При  $25^\circ\text{C}$  были получены следующие экспериментальные данные:

| $[\text{OH}^-]_0$ , моль/л | $[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]_0$ , моль/л | период полураспада, с |
|----------------------------|---|-----------------------|
| 0,005                      | 0,005   | 2000                  |
| 0,01                       | 0,01  | 1000                  |

Определить общий кинетический порядок реакции. Рассчитать значение константы скорости. Сколько времени потребуется для достижения концентрации  $\text{OH}^-$ , равной 0,0025 моль/л в каждом эксперименте?

#### Экзаменационный билет № 8

1. Монотропные полиморфные превращения в однокомпонентных системах.
2. Приближенные методы в анализе кинетических схем химических реакций. Метод квазистационарного приближения (метод Боденштейна).
3. Элемент  $\text{Pt}, \text{H}_2 (1 \text{ атм}) | \text{HCl}_{\text{p-p}} | \text{AgCl}, \text{Ag}$  имеет ЭДС, равную 0,332 В при 298 К. Каково значение рН раствора?  $E^0 = 0,222 \text{ В}$ .

#### Экзаменационный билет № 9

1. Диаграмма плавкости бинарной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии и отсутствием растворимости в твердом, без образования химических соединений и твердых растворов.
2. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Приближенное правило Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса.
4. Рассчитайте ЭДС элемента  $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Cd}^{2+} | \text{Cd}$ , если  $a(\text{Zn}^{2+}) = 5 \cdot 10^{-4}$ ,  $a(\text{Cd}^{2+}) = 0,2$ ,  $E^0(\text{Zn}^{2+}, \text{Zn}) = -0,763 \text{ В}$ ,  $E^0(\text{Cd}^{2+}, \text{Cd}) = -0,403 \text{ В}$ .

#### Экзаменационный билет № 10

1. Диаграммы плавкости бинарной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии и отсутствием растворимости в твердом, с образованием химических соединений, плавящихся конгруэнтно и инконгруэнтно.
2. Энергия активации. Определение энергии активации по температурной зависимости константы скорости химической реакции.
3. Задача. Рассчитайте изменение давления, необходимое для изменения температуры плавления льда на  $1^\circ\text{C}$ . При  $0^\circ\text{C}$  энтальпия плавления льда равна 333,5 Дж/г, Удельные объемы жидкой воды и льда равны 1,0002 и  $1,0908 \text{ см}^3/\text{г}$  соответственно.

#### Экзаменационный билет № 11

1. Диаграммы плавкости бинарной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии и ограниченной растворимостью в твердом состоянии с

образованием эвтектики или перитектики (по выбору).

2. Поверхность потенциальной энергии. Энергетический профиль химической реакции. Путь химической реакции.

3. Задача. Давление пара жидкости (мм рт. ст.) в интервале температур 200-260 К описывается уравнением:

$$\ln P = 16,255 - 2501,8/T$$

Рассчитайте энтальпию испарения и нормальную точку кипения жидкости.

### Экзаменационный билет № 12

1. Диаграммы плавкости бинарной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии и неограниченной растворимостью в твердом состоянии.

2. Основные положения теории активированного комплекса. Основное уравнение теории активированного комплекса (без вывода). Термодинамическая форма уравнения теории активированного комплекса. Определение параметров активации.

3. Задача. Давление пара (мм рт.ст.) твердого и жидкого  $\text{SO}_2$  выражается уравнениями:

$$\lg P_{\text{тв}} = 10,5916 - 1871,2/T$$

$$\lg P_{\text{ж}} = 8,3186 - 1425,7/T$$

Рассчитайте температуру, давление и  $\Delta H_{\text{пл}}$  в тройной точке.

### Экзаменационный билет № 13

1. Диаграммы состояния жидкость  $\rightarrow$  пар в бинарной системе летучих неограниченно смешивающихся жидкостей (идеальные и реальные растворы)

2. Кинетическое уравнение простой реакции второго порядка с разными начальными концентрациями реагентов.

3. Задача. Вычислите ЭДС и изменение энергии Гиббса для гальванического элемента, составленного магнием и цинком, погруженными в растворы их солей с концентрациями ионов (моль/кг)  $1,8 \cdot 10^{-5}$  и  $2,5 \cdot 10^{-2}$  соответственно для соли магния и цинка.  $E^0(\text{Mg}^{2+}, \text{Mg}) = -2,363 \text{ В}$ ;  $E^0(\text{Zn}^{2+}, \text{Zn}) = -0,763 \text{ В}$

### Экзаменационный билет № 14

1. Теоретические основы фракционной перегонки в бинарных системах без азеотропа. Законы Гиббса-Коновалова.

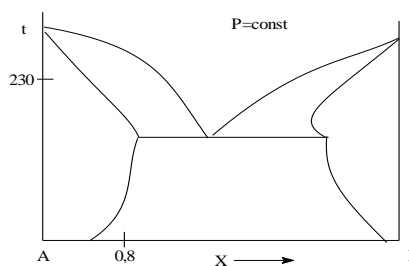
2. Экспериментальный метод определения стандартного условного электродного потенциала (на примере хлорсеребряного электрода)

3. Разложение пероксида ди-трет-бутила,  $(\text{CH}_3)_3\text{COO}(\text{CH}_3)_3$ , в газовой фазе является реакцией первого порядка в температурном диапазоне от 110 до 280  $^{\circ}\text{C}$  с константой скорости  $3,2 \cdot 10^{16} \exp[-164000/RT] \text{ с}^{-1}$ . Определить энтальпию и энтропию активации этой реакции при 110  $^{\circ}\text{C}$ .

### Экзаменационный билет № 15

1. Зависимость электродного потенциала от концентрации электролита. Уравнение Нернста.

2. Скорость химической реакции, ее определение, основное кинетическое уравнение.



3. Задача. Сколько вещества А (г) будет в твердом растворе и расплаве, если 200 г расплава, содержащего 20 % мол. вещества В охладить до температуры 230<sup>0</sup>С . Принять молекулярные массы вещества А и В равными 120 и 150 г/моль соответственно.

### Экзаменационный билет № 16

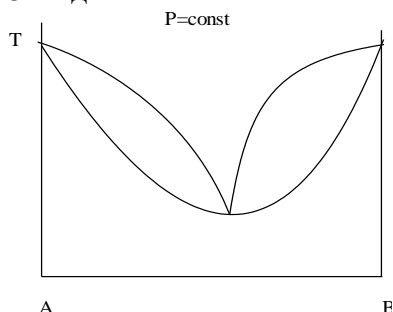
1. Определение  $\Delta G$  и константы химического равновесия окислительно-восстановительных реакций через ЭДС гальванического элемента.
2. Дифференциальный метод определения частного и общего порядков реакции
3. Задача. Рассчитайте давление, при котором графит и алмаз находятся в равновесии при 298 К. Значение  $\Delta_f G^0$  алмаза равно 2,9 кДж/моль, графита – 0 кДж/моль. Примите плотности графита и алмаза равными 2,25 и 3,51 г/см<sup>3</sup> соответственно и независимыми от давления.

### Экзаменационный билет № 17

1. Катализ. Общие закономерности катализа
  2. Электродвижущая сила гальванического элемента. Термодинамические условия ее формирования. ЭДС гальванического элемента как критерий направленности окислительно-восстановительных реакций.
  3. Задача. Определите интегральным методом порядок реакции  $A_{(г)} \rightarrow B_{(г)} + C_{(г)} + D_{(г)}$  по изменению давления в ходе реакции. Вычислите среднее значение константы скорости реакции ( $V = \text{const}$ ,  $T = 298 \text{ K}$ ), если
- |                        |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|
| t, мин                 | 0    | 6,5  | 13,0 | 19,9 |
| $P \cdot 10^{-3}$ , Па | 41,6 | 54,5 | 63,7 | 74,2 |

### Экзаменационный билет № 18

1. Способы определения константы химического равновесия окислительно-восстановительных реакций.
2. Постулаты химической кинетики. Период полураспада. Определение порядка реакции по периоду полураспада
3. Задача:



Какой компонент и в каком количестве нужно добавить к 200 г смеси, содержащей 80 % мол. вещества А, чтобы получить азеотропную смесь. Принять молекулярные массы компонентов А и В равными 125 и 200 г/моль соответственно.

### Экзаменационный билет № 19

1. Кинетическая схема односубстратной ферментативной реакции. Вывод уравнения Михаэлиса-Ментен методом квазистационарного приближения.

2. Понятие гальванического элемента, особенности протекания в нем окислительно-восстановительной реакции.
3. Задача Бимолекулярная реакция  $A + B \rightarrow$  продукты, для которой  $[A]_0=[B]_0$ , протекает за 10 минут на 25%. Сколько потребуется времени, чтобы реакция прошла на 50% при той же температуре.

#### **Экзаменационный билет № 20**

1. Понятие гальванического элемента, особенности протекания в нем окислительно-восстановительной реакции.
  2. Кинетическое уравнение простой реакции второго порядка с разными начальными концентрациями реагентов.
- Задача. Рассчитайте изменение давления, необходимое для изменения температуры плавления льда на  $1^{\circ}\text{C}$ . При  $0^{\circ}\text{C}$  энтальпия плавления льда равна  $333,5 \text{ Дж/г}$ , Удельные объемы жидкой воды и льда равны  $1,0002$  и  $1.0908 \text{ см}^3/\text{г}$  соответственно.

#### **Экзаменационный билет № 21**

1. Период полураспада. Определение порядка реакции по периоду полураспада
  2. . Химический потенциал ионов, активность электролита как молекулярного соединения.
- Задача:  $\Delta G_f^0$  жидкой и газообразной воды при  $25^{\circ}\text{C}$  равны  $-237,129$  и  $-228,572 \text{ кДж/моль}$  соответственно. Рассчитайте давление пара воды при  $25^{\circ}\text{C}$

#### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ОПК-1: ИОПК-1.3; ОПК-7: ИОПК-7.1, ИОПК-7.2, ИОПК-7.3):**

##### **4 семестр:**

1. Термодинамическая система, классификация термодинамических систем, термодинамические параметры, уравнения состояния, функции состояния, функции процесса.
2. Внутренняя энергия, ее составляющие, внутренняя энергия идеального газа, внутренняя энергия как функция состояния
3. Работа и теплота как формы передачи внутренней энергии. Первый принцип термодинамики.
4. Равновесный процесс.
5. Применение первого принципа термодинамики в изобарном и изотермическом процессах идеальных газов.
6. Применение первого принципа термодинамики в изохорном и адиабатическом процессах идеальных газов.
7. Тепловой эффект химической реакции, теоретические основы закона Гесса.
8. Использование энтальпий образования веществ и энтальпий сгорания для расчета тепловых эффектов химических реакций
9. Энтальпия образования ионов в растворе
10. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры. Закон Кирхгофа
11. Цикл Карно. Понятие энтропии. Второй принцип термодинамики
12. Физический смысл энтропии. Энтропийный критерий направленности процессов.
13. Определение изменения энтропии в изобарном и изохорном процессах.
14. Определение изменения энтропии в изотермических процессах.
15. Определение изменения энтропии в необратимых процессах.
16. Изменение энтропии химической реакции в зависимости от температуры.
17. Постулат Планка. Расчет абсолютной энтропии вещества.

18. Объединенное выражение I и II принципов термодинамики. Понятие характеристической функции. Внутренняя энергия и энтальпия как характеристические функции.
19. Функция Гиббса и Гельмгольца как характеристические функции
20. Зависимость функции Гиббса от температуры.
21. Зависимость функции Гиббса от давления
22. Физический смысл характеристических функций. Функции Гиббса и Гельмгольца как критерии направленности и равновесия.
23. Уравнения Гиббса – Гельмгольца
24. Химический потенциал. Фундаментальные уравнения термодинамики для открытых систем.
25. Химический потенциал идеального газа
26. Критерий направленности и равновесия в химических реакциях по Гиббсу
27. Уравнение изотермы Вант-Гоффа для идеально-газовых реакций. Условия применения.
28. Химическое равновесие в идеально-газовых реакциях. Связь между  $K_p$  и  $\Delta G^\circ_T$  реакции. Влияние знака и значения  $\Delta G^\circ_T$  на положение равновесия.
29. Константы равновесия  $K_x$ ,  $K_c$ ,  $K_p$ , их связь с  $K_p$
30. Расчет равновесного состава химической реакции по значению константы равновесия (через  $\theta$ ).
31. Расчет равновесного состава химической реакции по значению константы равновесия (через  $\xi$ ).
32. Принцип Ле-Шателье. Влияние давления и объема на положение равновесия.
33. Влияние температуры на константу равновесия и положение равновесия.
34. Уравнение изобары Вант-Гоффа. Определение теплового эффекта химической реакции по температурной зависимости константы равновесия.
35. Химическое равновесие в гетерогенных реакциях с участием газов.
36. Растворы неэлектролитов. Способы выражения состава растворов. Связь между мольной долей и молярностью (моляльностью) раствора
37. Межмолекулярные взаимодействия в растворах неэлектролитов
38. Парциальные мольные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема
39. Метод отрезков в определении парциальных мольных величин
40. Классификация растворов неэлектролитов.
41. Химический потенциал компонентов идеальных растворов неэлектролитов. Особенности стандартного состояния растворенного вещества в бесконечно разбавленном растворе.
42. Термодинамические закономерности образования идеальных растворов неэлектролитов.
43. Закон Рауля.
44. Закон Генри.
45. Закон распределения Нернста. Экстракция.
46. Осмотическое давление. Уравнение Вант-Гоффа
47. Коллигативные свойства растворов нелетучих веществ. Криоскопия. Эбулиоскопия.
48. Реальные растворы. Активность, коэффициент активности. Химический потенциал компонентов реального раствора неэлектролитов. Способы определения коэффициента активности.

#### 5 семестр:

1. Правило фаз Гиббса (понятия фазы, вариантности системы, компонента системы).
2. Термодинамическое условие стабильности фаз и фазового равновесия.
3. Диаграммы состояния в однокомпонентной системе. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.

4. Фазовый переход жидкость  $\rightarrow$  пар в однокомпонентной системе, расчет энтальпии испарения, определение температуры нормального кипения, энтропии испарения. Критические явления.
5. Термодинамика фазового перехода твердое тело  $\rightarrow$  пар. Определение энтальпии сублимации, температуры сублимации.
6. Энантиотропные полиморфные превращения в однокомпонентных системах.
7. Монотропные полиморфные превращения в однокомпонентных системах.
8. Диаграмма плавкости бинарной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии и отсутствием растворимости в твердом, без образования химических соединений и твердых растворов.
9. Диаграммы плавкости бинарной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии и отсутствием растворимости в твердом, с образованием химических соединений, плавящихся конгруэнтно и инконгруэнтно.
10. Диаграммы плавкости бинарной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии и ограниченной растворимостью в твердом состоянии с образованием эвтектики и перитектики.
11. Диаграммы плавкости бинарной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии и неограниченной растворимостью в твердом состоянии.
12. Диаграммы состояния жидкость  $\rightarrow$  пар в бинарной системе летучих неограниченно смешивающихся жидкостей (идеальные и реальные растворы)
13. Теоретические основы фракционной перегонки в бинарных системах. Законы Гиббса-Коновалова.
14. Скорость химической реакции, ее определение, основное кинетическое уравнение.
15. Постулаты химической кинетики.
16. Дифференциальный метод определения частного порядка реакции
17. Дифференциальный метод определения общего порядка реакции
18. Кинетическое уравнение простой реакции первого и второго порядка с равными начальными концентрациями реагентов.
19. Кинетическое уравнение простой реакции второго порядка с разными начальными концентрациями реагентов.
20. Кинетическое уравнение простой реакции третьего порядка с равными начальными концентрациями реагентов. Интегральный метод определения общего порядка реакции.
21. Период полураспада. Определение порядка реакции по периоду полураспада.
22. Обратимая реакция первого порядка
23. Параллельная реакция первого порядка с общим реагентом
24. Последовательная реакция первого порядка.
25. Приближенные методы в анализе кинетических схем химических реакций. Метод Боденштейна.
26. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Приближенное правило Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса.
27. Энергия активации. Определение энергии активации по температурной зависимости константы скорости химической реакции.
28. Поверхность потенциальной энергии. Энергетический профиль химической реакции. Путь химической реакции.
29. Основные положения теории активированного комплекса. Основное уравнение теории активированного комплекса (без вывода).
30. Термодинамическая форма уравнения теории активированного комплекса. Определение параметров активации.
31. Катализ. Общие закономерности катализа.

32. Кинетическая схема односубстратной ферментативной реакции. Вывод уравнения Михаэлиса-Ментен методом квазиравновесного приближения.
33. Кинетическая схема односубстратной ферментативной реакции. Вывод уравнения Михаэлиса-Ментен методом квазистационарного приближения.
34. Понятие электрохимического потенциала, ионной силы раствора электролитов, уравнение Дэбая-Хюккеля.
35. Химический потенциал ионов, активность электролита как молекулярного соединения.
36. Электродный потенциал на межфазной границе Металл/ион металла в растворе. Причины образования.
37. Понятие гальванического элемента, особенности протекания в нем окислительно-восстановительной реакции.
38. Электродвижущая сила гальванического элемента. Термодинамические условия ее формирования.
39. Электродвижущая сила гальванического элемента как критерий направленности окислительно-восстановительных реакций.
40. Определение  $\Delta G$  и константы химического равновесия окислительно-восстановительных реакций через ЭДС гальванического элемента
41. Зависимость электродного потенциала от концентрации электролита. Уравнение Нернста.
42. Экспериментальное определение стандартного условного электродного потенциала (на примере хлорсеребряного электрода).