



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

03.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Обработка металлов давлением

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

|                     |                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалообработки |
| Кафедра             | Металлургии и химических технологий                       |
| Курс                | 1                                                         |
| Семестр             | 2                                                         |

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallurgy and chemical technologies  
10.02.2021, протокол № 5

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Согласовано:

Зав. кафедрой Технологий обработки материалов

 А.Б. Моллер

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры МиХТ

 С.В. Юдина

Рецензент:

доцент кафедры ТСиСА, канд. техн. наук

 И.В. Понурко

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины «Физическая химия» является: достижение возможности описывать временной ход химических физико-химических процессов на основе исходных свойств систем и веществ их составляющих, а также конечный результат соответствующих процессов.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Физическая химия входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Общая и неорганическая химия

Физика

Информатика и информационные технологии

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Основы металлургического производства

Материаловедение

Анализ числовой информации

Моделирование процессов и объектов в металлургии

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физическая химия» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции                                                                                                                         |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1          | Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания |
| ОПК-1.1        | Использует естественнонаучные законы и принципы при решении практических задач                                                                           |
| ОПК-1.2        | Решает стандартные профессиональные задачи с применением общеинженерных знаний                                                                           |
| ОПК-1.3        | Применяет методы моделирования и математического анализа для решения задач теоретического и прикладного характера                                        |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 55 акад. часов;
- аудиторная – 51 акад. часов;
- внеаудиторная – 4 акад. часов
- самостоятельная работа – 53,3 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

| Раздел/ тема дисциплины                                                                                                                             | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы                                                                                                                               | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации                                  | Код компетенции           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                                                                                                                                                     |         | Лек.                                         | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |                                                                                                                                                          |                                                                                                  |                           |
| 1. Раздел 1. Предмет и методы, понятия и задачи физической химии                                                                                    |         |                                              |           |             |                                 |                                                                                                                                                          |                                                                                                  |                           |
| 1.1 Химическая термодинамика. Законы термодинамики.                                                                                                 | 2       | 6                                            | 2/2И      |             | 10                              | Подготовка к лабораторной работе №1, работа с библиографическим материалам, подготовка к выполнению РГР №1 «Термодинамический анализ химических реакций» | Лабораторная работа №1, устный опрос.                                                            | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу                                                                                                                                    |         | 6                                            | 2/2И      |             | 10                              |                                                                                                                                                          |                                                                                                  |                           |
| 2. Раздел 2. Химическое и фазовое равновесие                                                                                                        |         |                                              |           |             |                                 |                                                                                                                                                          |                                                                                                  |                           |
| 2.1 Константа химического равновесия, ее свойства, способы выражения. Направление процессов в изотермических условиях, изотерма реакции Вант-Гоффа. | 2       | 8                                            | 6/2И      |             | 20                              | Подготовка к лабораторной работе №2, работа с библиографическим материалами. Подготовка к отчету по РГР 1.                                               | Лабораторная работа №2, устный опрос, сдача РГР №1 «Термодинамический анализ химических реакций» | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу                                                                                                                                    |         | 8                                            | 6/2И      |             | 20                              |                                                                                                                                                          |                                                                                                  |                           |
| 3. Раздел 3. Термодинамическая теория растворов                                                                                                     |         |                                              |           |             |                                 |                                                                                                                                                          |                                                                                                  |                           |
| 3.1 Способы выражения состава растворов. Идеальные, реальные растворы. Закон Рауля, закон Генри. Экстракция и закон распределения.                  | 2       | 6                                            | 3/0,8И    |             | 9,3                             | Подготовка к лабораторной работе №3, работа с библиографическим материалами                                                                              | Лабораторная работа №3, устный опрос                                                             | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу                                                                                                                                    |         | 6                                            | 3/0,8И    |             | 9,3                             |                                                                                                                                                          |                                                                                                  |                           |

|                                                                                                                                                        |   |    |         |  |      |                                                                             |                                       |                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|---------|--|------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 4. Раздел 4. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем                                                                                               |   |    |         |  |      |                                                                             |                                       |                           |
| 4.1 Правило фаз. Способы построения диаграмм состояния. Типы диаграмм состояния двойных сплавов.                                                       | 2 | 6  | 4/2И    |  | 5    | Подготовка к лабораторной работе №4, работа с библиографическим материалами | Лабораторная работа №4, устный опрос. | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу                                                                                                                                       |   | 6  | 4/2И    |  | 5    |                                                                             |                                       |                           |
| 5. Раздел 5. Химическая кинетика                                                                                                                       |   |    |         |  |      |                                                                             |                                       |                           |
| 5.1 Основы формальной кинетики. Закон действующих масс, константа скорости реакции, её свойства, определение. Реакции различных порядков, их кинетика. | 2 | 8  | 2       |  | 9    | Подготовка к лабораторной работе №5, работа с библиографическим материалами | Устный опрос                          | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу                                                                                                                                       |   | 8  | 2       |  | 9    |                                                                             |                                       |                           |
| Итого за семестр                                                                                                                                       |   | 34 | 17/6,8И |  | 53,3 |                                                                             | экзамен                               |                           |
| Итого по дисциплине                                                                                                                                    |   | 34 | 17/6,8И |  | 53,3 |                                                                             | экзамен                               |                           |

## **5 Образовательные технологии**

Образовательные технологии – это целостная модель образовательного процесса, системно определяющая структуру и содержание деятельности обеих сторон этого процесса (преподавателя и студента), имеющая целью достижение планируемых результатов с поправкой на индивидуальные особенности его участников. Технологичность учебного процесса состоит в том, чтобы сделать учебный процесс полностью управляемым.

Основными признаками образовательной технологии в ее современном понимании являются:

- детальное описание образовательных целей;
- поэтапное описание (проектирование) способов достижения заданных результатов-целей;
- использование обратной связи с целью корректировки образовательного процесса;
- гарантированность достигаемых результатов;
- воспроизводимость образовательного процесса вне зависимости от мастерства преподавателя;
- оптимальность затрачиваемых ресурсов и усилий.

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков.

Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Бокштейн Б. С. Физическая химия: термодинамика и кинетика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. С. Бокштейн, М. И. Менделев, Ю. В. Похвиснев. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2012. — 258 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47443>

2. Физическая химия : учебное пособие / Э. В. Дюльдина, С. П. Клочковский, Н. Ю. Свечникова и др. ; МГТУ. - 2-е изд. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 127 с. : ил., диагр., граф., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3506.pdf&show=dcatalogues/1/1514311/3506.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст: электронный. - Имеется

печатный аналог.

**б) Дополнительная литература:**

1. Химическая кинетика и адсорбция: метод. указания для студентов по дисциплине "Физическая химия" / [Э. В. Дюльдина, С. П. Ключковский, Н. Ю. Свечникова и др.] ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1258.pdf&show=dcatalogues/1/1123436/1258.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Поверхностные явления. Адсорбция : учебное пособие / А. Н. Смирнов, Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, Э. В. Дюльдина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3417.pdf&show=dcatalogues/1/1139847/3417.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0966-3. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Горшков, В.И. Основы физической химии : учебник / В.И. Горшков, И.А. Кузнецов. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 410 с. — ISBN 978-5-00101-539-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97412>

**в) Методические указания:**

1. Лабораторный практикум по физической химии : учебно-методическое пособие / А. Н. Смирнов, Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, Э. В. Дюльдина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3177.pdf&show=dcatalogues/1/1136592/3177.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

| Наименование ПО                        | № договора                | Срок действия лицензии |
|----------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| MS Windows 7 Professional(для классов) | Д-1227-18 от 08.10.2018   | 11.10.2021             |
| MS Office 2007 Professional            | № 135 от 17.09.2007       | бессрочно              |
| 7Zip                                   | свободно распространяемое | бессрочно              |
| FAR Manager                            | свободно распространяемое | бессрочно              |

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

| Название курса                                                                                   | Ссылка                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a> |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)                                               | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>                     |

|                                                                                                    |                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам                             | URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                                      |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>                                        |
| Российская Государственная библиотека. Каталоги                                                    | <a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a> |
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова                                                | <a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>   |

## **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий «Лаборатория физической химии» оснащена лабораторным оборудованием:
  - лабораторное оборудование (химическая посуда, реактивы, весы лабораторные равноплечие ВЛР-200, Весы электронные лабораторные ВК-300, низкотемпературная лабораторная электропечь SNOL10/10, магнитные мешалки, эл. плитки.).
  - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

### Перечень лабораторных работ

1. Определение интегральной теплоты растворения соли
2. Изучение равновесия реакции взаимодействия твердого углерода с его диоксидом
3. Третий компонент в двухслойной жидкости
4. Построение диаграммы состояния двухкомпонентной системы.
5. Влияние температуры на скорость химической реакции

### ДОМАШНЕЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №1

#### «Термодинамический анализ химических реакций»

#### Исследование 1

Для реакции выполнить следующее:

1.1. Составить уравнение зависимости от температуры величины теплового эффекта  $\Delta H^\circ_T = f(T)$  и изменения энтропии  $\Delta S^\circ_T = f(T)$ .

1.2. Вычислить величины  $\Delta C_p$ ,  $\Delta H^\circ_T$ ,  $\Delta S^\circ_T$ ,  $\Delta G^\circ_T$  и  $\ln K_p$  при нескольких температурах, значения которых задаются температурным интервалом и шагом температур. Полученные значения используются при построении графиков в координатах  $\Delta C_p - T$ ;  $\Delta H^\circ_T - T$ ;  $\Delta S^\circ_T - T$ ;  $\Delta G^\circ_T - T$  и  $\ln K_p - 1/T$ .

1.3. Пользуясь графиком  $\ln K_p - 1/T$ , вывести приближенное уравнение вида  $\ln K_p = A/T + B$ , где  $A$ ,  $B$  – постоянные.

#### Исследование 2

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

2.2. Определить возможное направление протекания исследуемой реакции и равновесный состав газовой фазы при давлении (кПа) и температуре (К). При решении задачи использовать выведенное в исследовании 1 эмпирическое уравнение  $\ln K_p = A/T + B$  и данные об исходном составе газовой фазы

2.3. Установить направление смещения состояния равновесия рассматриваемой системы при:

- а) увеличении давления (постоянная температура);
- б) увеличении температуры (постоянное давление).

### ДОМАШНЕЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №2

#### «Химическая кинетика»

#### Формулировка задания

#### Исследование 1

Для реакции  $A + B \rightarrow$  продукты реакции, начальные концентрации ( $c_0$ ) веществ  $A$  и  $B$  равны и составляют:  $c_0(A) = c_0(B) = c_0 = \dots$  моль/дм<sup>3</sup> (колонка 6, табл. 20).

Изменение концентраций веществ ( $c_i$ ) во времени ( $\tau_i$ ) при различных температурах ( $T_i$ ) находятся в строке соответствующей номеру задания табл. 20. Найти энергию активации ( $E$ ), предэкспоненциальный множитель ( $k_0$ ) и время ( $\tau_5$ ), за которое ... % веществ  $A$  и  $B$  (колонка 21, табл. 20.) при температуре  $T_5 = \dots$  К (колонка 20, табл. 20) превратится в продукты реакции.

#### Список вопросов для устного опроса:

1. Основные понятия термодинамики.
2. Первый закон термодинамики. Понятие о тепловом эффекте, теплоты образования, горения, растворения, фазовых превращений. Закон Гесса. Расчеты по закону Гесса.

3. Влияние температуры на тепловой эффект.
4. Закон Кирхгофа. Расчеты тепловых эффектов по закону Кирхгофа.
5. Второй закон термодинамики.
6. Термодинамические функции, химический потенциал, общие условия равновесия систем. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца как критерии, определяющие направление и предел протекания процессов в неизолированных системах.
7. Понятие о фазовом равновесии, основные определения фазового равновесия. Правило фаз Гиббса, его применение.
8. Фазовое равновесие в однокомпонентных системах. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона, расчеты основанные на этом уравнение.
9. Условия химического равновесия. Закон действующих масс (термодинамический). Константа химического равновесия.
10. Виды констант равновесия. Равновесия в гетерогенных системах.
11. Влияние температуры на константу равновесия.
12. Направление реакций в закрытых системах. Уравнение изотермы химической реакции Вант-Гоффа, ее практические приложения. Уравнение изобары-изохоры реакции. Методы расчета константы равновесия.
13. Правило Ле-Шателье, его практическое применение. Влияние давления на положение равновесия. Реальные газы. Описание реальных газов с использованием вириальных уравнений. Температура Бойля. Смысл вириальных коэффициентов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля – Томпсона. Температура инверсии. Сжижение газов.
14. Определение понятия “раствор”. Способы выражения состава растворов.
15. Влияние различных факторов на растворимость.
16. Модели растворов: идеальные (совершенные) и бесконечно разбавленные растворы, их отличие от реальных растворов.
17. Законы Рауля и Генри. Парциальные молярные величины, их определение.
18. Свойства разбавленных растворов не электролитов. Давление пара над раствором, температура кипения и замерзания. Основные понятия химической кинетики.
19. Способы определения скорости реакции. Формальная кинетика гомогенных реакций. Закон действующих масс. Порядки реакций и их молекулярность. Реакции первого, второго и n-го порядков. Кинетические уравнения для реакций различных порядков.
20. Период полупревращения. Константа скорости реакции, ее свойства, размерности и определения. Методы определения порядка реакции. Поверхностное натяжение, методы его измерения. Адсорбция, основные положения и уравнения адсорбции.
21. Уравнение Гиббса. Уравнение Фрейндлиха. Уравнение Ленгмюра. Зависимость адсорбции от температуры.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Структурный элемент компетенции                                                                                                                                 | Планируемые результаты обучения                                                | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общетехнические знания |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| ОПК-1.1                                                                                                                                                         | Использует естественнонаучные законы и принципы при решении практических задач | Примерные вопросы к экзамену:<br>1. Основные понятия термодинамики.<br>2. Первый закон термодинамики. Понятие о тепловом эффекте, теплоты образования, горения, растворения, фазовых превращений. Закон Гесса. Расчеты по закону Гесса.<br>3. Влияние температуры на тепловой эффект.<br>4. Закон Кирхгофа. Расчеты тепловых эффектов по закону Кирхгофа.<br>5. Второй закон термодинамики.<br>6. Термодинамические функции, химический потенциал, общие условия равновесия систем. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца как критерии, определяющие направление и предел протекания процессов в изолированных системах.<br>7. Понятие о фазовом равновесии, основные определения фазового равновесия. Правило фаз Гиббса, его применение.<br>8. Фазовое равновесие в однокомпонентных системах. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона, расчеты основанные на этом уравнение.<br>9. Условия химического равновесия. Закон действующих масс (термодинамический). Константа химического равновесия.<br>10. Виды констант равновесия. Равновесия в гетерогенных системах.<br>11. Влияние температуры на константу равновесия.<br>12. Направление реакций в закрытых системах. Уравнение изотермы химической реакции Вант-Гоффа, ее практические приложения. |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения                                                | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                                                                | <p>Уравнение изобары-изохоры реакции. Методы расчета константы равновесия.</p> <p>13. Правило Ле-Шателье, его практическое применение. Влияние давления на положение равновесия.</p> <p>14. Определение понятия “раствор”. Способы выражения состава растворов.</p> <p>15. Влияние различных факторов на растворимость.</p> <p>16. Модели растворов: идеальные (совершенные) и бесконечно разбавленные растворы, их отличие от реальных растворов.</p> <p>17. Законы Рауля и Генри. Парциальные молярные величины, их определение.</p> <p>18. Свойства разбавленных растворов не электролитов. Давление пара над раствором, температура кипения и замерзания.</p> <p>19. Основные понятия химической кинетики.</p> <p>20. Способы определения скорости реакции. Формальная кинетика гомогенных реакций. Закон действующих масс.</p> <p>21. Порядки реакций и их молекулярность.</p> <p>22. Реакции первого, второго и n-го порядков.</p> <p>23. Кинетические уравнения для реакций различных порядков.</p> <p>24. Период полупревращения.</p> <p>25. Константа скорости реакции, ее свойства, размерности и определения.</p> <p>26. Методы определения порядка реакции.</p> |
| ОПК-1.2                         | Решает стандартные профессиональные задачи с применением общеинженерных знаний | <p><i>Задачи для самостоятельного решения:</i></p> <p>1. Два грамма воздуха изобарно нагревают от нуля до одного градуса Цельсия при давлении 1 атмосфера. Плотность воздуха при 0°C составляет 0,00129 г/см<sup>3</sup>. Найдите работу расширения.</p> <p>2. Чему равно изменение энтропии при переходе 1 моля азота из состояния, соответствующего нормальным условиям, в состояние, соответствующее стандартным условиям, если <math>C_p = 7/2 R</math>. Охарактеризуйте способы передачи взаимного влияния атомов в органических молекулах.</p> <p>3. В газовой смеси, состоящей из CO, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>, где каждого газа было взято по одному молю, протекает реакция <math>\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}_2</math>. Число молей</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения                                                                                   | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                                                                                                   | <p>CO<sub>2</sub> в состоянии равновесия равно 0,16. Найти константу равновесия реакции.</p> <p>4. При синтезе аммиака протекает реакция: <math>3\text{H}_{2(\text{г})} + \text{N}_{2(\text{г})} = 2\text{NH}_{3(\text{г})}</math>. При 298 К для этой реакции <math>K_p = 6 \cdot 10^5</math>, а <math>\Delta_f H_{298\text{K}}^\circ = -46,1</math> кДж/моль. Оценить температуру, при которой константа равновесия реакции будет равна 1, полагая что тепловой эффект практически не зависит от температуры.</p> <p>5. Сколько процентов глицерина (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>) нужно растворить в воде, чтобы давление водяного пара было на 1 % ниже давления насыщенного пара воды.</p> <p>6. Определить относительное понижение давления пара над водным 10%-ным раствором H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.</p> <p>7. Чистый кадмий затвердевает при 321 °С, а 10%-ный раствор висмута в кадмии – при 312 °С. Определить теплоту плавления кадмия.</p> <p>8. Декадный температурный коэффициент скорости реакции равен 3. Во сколько раз возрастет скорость этой реакции при повышении температуры от 30 до 100 °С?</p> <p>9. Определить декадный коэффициент скорости реакции с энергией активации 60 кДж/моль при начальных значениях температуры 20 °С, 1400 °С (в горне доменной печи) и 1650 °С (в сталеплавильном конвертере).</p> |
| ОПК-1.3                         | Применяет методы моделирования и математического анализа для решения задач теоретического и прикладного характера | <p><i>Задание на решение задач из профессиональной области (домашнее индивидуальное задание)</i></p> <p><b>Исследование 1</b></p> <p>Для реакции выполнить следующее:</p> <p>1.1. Составить уравнение зависимости от температуры величины теплового эффекта <math>\Delta H^\circ_{\text{т}} = f(T)</math> и изменения энтропии <math>\Delta S^\circ_{\text{т}} = f(T)</math>.</p> <p>1.2. Вычислить величины <math>\Delta C_p</math>, <math>\Delta H^\circ_{\text{т}}</math>, <math>\Delta S^\circ_{\text{т}}</math>, <math>\Delta G^\circ_{\text{т}}</math> и <math>\ln K_p</math> при нескольких температурах, значения которых задаются температурным интервалом и шагом температур. Полученные значения используются при построении графиков в координатах <math>\Delta C_p - T</math>; <math>\Delta H^\circ_{\text{т}} - T</math>; <math>\Delta S^\circ_{\text{т}} - T</math>; <math>\Delta G^\circ_{\text{т}} - T</math> и <math>\ln K_p - 1/T</math>.</p> <p>1.3. Пользуясь графиком <math>\ln K_p - 1/T</math>, вывести приближенное уравнение вида <math>\ln K_p = A/T + B</math>, где A, B – постоянные.</p> <p><b>Исследование 2</b></p>                                                                                                                                                                                                      |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                       |                  |    |                       |                  |                            |        |        |      |        |   |       |       |       |       |                   |       |      |      |       |                     |        |       |       |      |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|----|-----------------------|------------------|----------------------------|--------|--------|------|--------|---|-------|-------|-------|-------|-------------------|-------|------|------|-------|---------------------|--------|-------|-------|------|
|                                 |                                 | <p>2.1. Используя правило фаз Гиббса, для рассматриваемой системы определить количества фаз, независимых компонентов и число степеней свободы.</p> <p>2.2. Определить возможное направление протекания исследуемой реакции и равновесный состав газовой фазы при давлении (кПа) и температуре (К). При решении задачи использовать выведенное в исследовании 1 эмпирическое уравнение <math>\ln K_p = A/T + B</math> и данные об исходном составе газовой фазы</p> <p>2.3. Установить направление смещения состояния равновесия рассматриваемой системы при:</p> <p>а) увеличении давления (постоянная температура);</p> <p>б) увеличении температуры (постоянное давление).</p> <p>Найдите изменение энтропии при протекании реакции при температуре 877 °С</p> $\text{CH}_4 + 2\text{CO} = 3\text{C(гр)} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>если для участников реакции известны следующие термодинамические данные:</p> <table><tr><th>Вещество</th><th>CH<sub>4</sub></th><th>CO</th><th>C<sub>(графит)</sub></th><th>H<sub>2</sub>O</th></tr><tr><td><math>S_{298}^0</math><br/>Дж/(моль*К)</td><td>186,26</td><td>197,55</td><td>5,74</td><td>188,72</td></tr><tr><td>a</td><td>42,06</td><td>28,41</td><td>16,86</td><td>30,00</td></tr><tr><td>b*10<sup>3</sup></td><td>31,50</td><td>4,10</td><td>4,77</td><td>10,71</td></tr><tr><td>c* 10<sup>-5</sup></td><td>-17,29</td><td>-0,46</td><td>-8,54</td><td>0,33</td></tr></table> <p>где a, b, c – коэффициенты зависимости теплоемкостей участников реакции</p> | Вещество              | CH <sub>4</sub>  | CO | C <sub>(графит)</sub> | H <sub>2</sub> O | $S_{298}^0$<br>Дж/(моль*К) | 186,26 | 197,55 | 5,74 | 188,72 | a | 42,06 | 28,41 | 16,86 | 30,00 | b*10 <sup>3</sup> | 31,50 | 4,10 | 4,77 | 10,71 | c* 10 <sup>-5</sup> | -17,29 | -0,46 | -8,54 | 0,33 |
| Вещество                        | CH <sub>4</sub>                 | CO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | C <sub>(графит)</sub> | H <sub>2</sub> O |    |                       |                  |                            |        |        |      |        |   |       |       |       |       |                   |       |      |      |       |                     |        |       |       |      |
| $S_{298}^0$<br>Дж/(моль*К)      | 186,26                          | 197,55                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 5,74                  | 188,72           |    |                       |                  |                            |        |        |      |        |   |       |       |       |       |                   |       |      |      |       |                     |        |       |       |      |
| a                               | 42,06                           | 28,41                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 16,86                 | 30,00            |    |                       |                  |                            |        |        |      |        |   |       |       |       |       |                   |       |      |      |       |                     |        |       |       |      |
| b*10 <sup>3</sup>               | 31,50                           | 4,10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4,77                  | 10,71            |    |                       |                  |                            |        |        |      |        |   |       |       |       |       |                   |       |      |      |       |                     |        |       |       |      |
| c* 10 <sup>-5</sup>             | -17,29                          | -0,46                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -8,54                 | 0,33             |    |                       |                  |                            |        |        |      |        |   |       |       |       |       |                   |       |      |      |       |                     |        |       |       |      |

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и задача.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.