

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор химико-технологического  
института  
д.т.н., проф.  Р.Н. Ястребинский  
« 17 »  2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**Физическая химия**

направление подготовки (специальность):

**18.03.01 – Химическая технология**

Направленность программы (профиль, специализация)

**Химическая технология стекла и керамики  
Химическая технология вяжущих и композиционных материалов  
Технология и переработка полимеров**

Квалификация (степень)  
**бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

**Институт: химико-технологический**

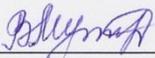
**Кафедра теоретической и прикладной химии**

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 922
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составители: д.т.н., проф.  (В.И. Павленко)

ст. преп.  (В.Д. Мухачева)

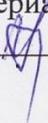
Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой:  
технологии стекла и керамики

Заведующий кафедрой к.т.н., проф.  (В.А. Дороганов)

« 11 » мая 2021 г.

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой:

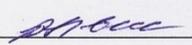
Технологии цемента и композиционных материалов

Заведующий кафедрой д.т.н., проф.  (И.Н.Борисов)

« 12 » мая 2021 г.

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой:

теоретической и прикладной химии

Заведующий кафедрой д.т.н., проф.  (В.И. Павленко)

« 13 » мая 2021 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 13 » мая 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой:  (Павленко В.И.)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., доцент  (Л.А. Порожняк)

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофессиональные компетенции	<p><b>ОПК-1.</b> Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.</p>	<p><b>ОПК-1.5</b> Использует основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов), способы их применения для решения теоретических и прикладных задач</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные законы физической химии и способы их применения для решения теоретических и практических задач в различных областях химической технологии;</li> <li>- основы химической кинетики, включая основные математические соотношения формальной кинетики и механизмы химических реакций;</li> <li>- основы гомогенного и гетерогенного катализа, включая современные теории каталитических реакций и проблемы, существующие в этой области;</li> <li>- основы электрохимии;</li> <li>- правила пожарной безопасности и безопасной работы в химической лаборатории при работе с химическими веществами.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельно ставить задачу физико-химического исследования в химических системах;</li> <li>- пользуясь полученными знаниями, выбирать оптимальные пути и методы решения поставленных задач;</li> <li>- проводить физико-химические исследования систем и процессов с использованием современных методов и приборов ФХМА; обсуждать результаты физико-химических исследований, ориентироваться в современной литературе по физической химии.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основами химической термодинамики и термохимии;</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- основными теориями растворов (электролитов и неэлектролитов);</li> <li>- основами фазовых и химических равновесий;</li> <li>- методами оказания первой помощи при несчастных случаях в химической лаборатории.</li> </ul>
Общепрофессиональные компетенции	<p><b>ОПК-2</b> Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.</p>	<p><b>ОПК-2.4</b> Использует термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для определения направления химических реакций, для вычисления равновесного выхода продуктов, для определения тепловых эффектов реакций; для определения состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах, для нахождения важнейших электрохимических величин (активности, ионной силы, степени и константы диссоциации электролитов, электродных потенциалов, ЭДС гальванических элементов и др.), для определения констант скоростей химических реакций различных порядков и энергии активации и применять полученные результаты для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общие закономерности взаимосвязи между свойствами химической системы, природой веществ и их реакционной способностью;</li> <li>- основные математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять корректное математическое описание физических и химических явлений, технологических процессов;</li> <li>- применять современное физическое оборудование и приборы при решении практических задач;</li> <li>- выполнять термохимические расчеты, расчеты химического равновесия, равновесия в растворах;</li> <li>- анализировать фазовые равновесия на основе диаграмм состояния;</li> <li>- использовать справочную литературу для выполнения расчетов;</li> <li>- обрабатывать, анализировать и обобщать результаты физико-химических наблюдений и измерений.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами работы на основных физико-химических приборах;</li> <li>- основными физико-химическими расчетами различных процессов;</li> <li>- методами определения и расчета тепловых эффектов</li> </ul>

			<p>химических реакций, равновесных характеристик реакций;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- практическими навыками самостоятельного проведения химического эксперимента;</li><li>- методами обработки результатов;</li><li>- приемами поиска необходимых данных с использованием библиотечных и Интернет-ресурсов.</li></ul> <p>– навыками применения основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ, а также теоретических законов физической химии к решению практических вопросов химической технологии.</p>
--	--	--	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ОПК-1** Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Общая и неорганическая химия
2	Органическая химия
3	Физическая химия
4	Коллоидная химия
5	Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов
6	Минералогия и кристаллография
7	Учебная ознакомительная практика

**2. Компетенция ОПК-2** Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математика
2	Физика
3	Органическая химия
4	Физическая химия
5	Коллоидная химия
6	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единиц, 288 часов.  
 Форма промежуточной аттестации экзамен, дифференцированный зачет.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	144	72	72
лекции	68	34	34
лабораторные	68	34	34
практические			
консультации	8	4	4
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	144	90	54
Курсовой проект			
Курсовая работа			
Расчетно-графическое задания			
Индивидуальное домашнее задание			
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	108	54	54
Форма промежуточной аттестации (зачет)			диф.зачет (зачет с оценкой)
Форма промежуточной аттестации (экзамен)	36	36	

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Содержание лекционных занятий

Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, час.			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
<b>1. Первое начало термодинамики. Термохимия</b>					
	Основные понятия и определения. Термодинамические системы и процессы, параметры состояния системы. Уравнение состояния идеальных газов, реальных газов. Вириальные уравнения состояния. Экстенсивные и интенсивные свойства. Первое начало термодинамики Эквивалентность теплоты и работы. Приложения	4		8	10

	<p>первого начала термодинамики к различным процессам. Функции состояния и процесса. Работа, внутренняя энергия, энтальпия. Математическое выражение первого начала термодинамики.</p> <p>Термохимия. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса и следствия из него. Стандартные теплоты сгорания и образования. Интегральная и дифференциальная теплоты растворения. Теплоемкость. Закон Кирхгоффа. Расчеты тепловых эффектов химических реакций. Таблицы стандартных термодинамических величин и их применение в термодинамических расчетах.</p>				
<b>2. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы</b>					
	<p>Круговые термодинамические процессы или циклы. Превращение теплоты в работу в тепловых машинах. Цикл Карно. Сущность, различные формулировки и математическое выражение второго начала термодинамики. Энтропия как функция состояния. Методы расчета энтропии для разных процессов.</p>	2			2
<b>3. Фундаментальное уравнение Гиббса. Характеристические функции</b>					
	<p>Изохорно-изотермический и изобарно-изотермический потенциалы, как критерии направления процесса. Химическое сродство реагирующих веществ. Способы расчета изобарного и изохорного потенциалов при различных температурах. Метод Темкина-Шварцмана. Уравнения Гиббса - Гельмгольца.</p> <p>Свойства характеристических функций. Способы расчета. Соотношения между основными термодинамическими функциями.</p> <p>Дифференциальные уравнения термодинамики. Химический потенциал. Расчет химического потенциала компонента в газах и растворах. Представление о летучести и активности веществ. Коэффициент активности. Зависимость коэффициента активности от концентрации. Фугитивность и активность.</p>	6	4		8
<b>4. Третье начало термодинамики</b>					
	<p>Тепловая теорема Нернста. Постулат Планка. Свойства веществ вблизи абсолютного нуля. Расчеты с помощью таблиц стандартных величин энтальпий и энтропий.</p>	2			2
<b>5. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах</b>					
	<p>Термодинамика фазовых равновесий. Связь между теплотой фазового перехода, температурой и давлением. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса и его применение к различным фазовым равновесиям. Фазовые переходы первого рода. Фазовые переходы второго рода. Понятие "фаза", "компонент", "независимый компонент", "степень свободы". Правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы. Диаграммы состояния однокомпонентных систем на примере диаграмм состояния воды, серы и углерода.</p>	4		4	6

	Применение правила фаз Гиббса.				
<b>6. Фазовые равновесия в бинарных и трехкомпонентных системах</b>					
	<p>Применение правила фаз к бинарным системам. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Диаграммы плавкости для компонентов неограниченно растворимых в жидком и твёрдом состояниях. Диаграммы состояния с образованием химического соединения, плавящегося конгруэнтно и инконгруэнтно.</p> <p>Растворимость веществ в жидкости. Уравнение Шредера. Твёрдые растворы. Твердые растворы с неограниченно растворимыми компонентами в твердой фазе. Системы, ограниченно растворимые в твердом виде.</p> <p>Трехкомпонентные системы. Графическое выражение состава.</p>	6		6	8
<b>7. Химическое равновесие</b>					
	<p>Термодинамические условия химического равновесия. Закон действия масс. Константы равновесия химических реакций и способы их выражения. Связь между константами равновесия. Уравнение изотермы и направление химической реакции. Гетерогенные химические равновесия. Химическое сродство. Стандартная энергия Гиббса.</p> <p>Смещение химического равновесия. Принцип Ле-Шателье. Влияние температуры на константу равновесия. Уравнение изобары и изохоры. Влияние давления, уравнение Планка. Примеры расчета констант равновесия и составов равновесных смесей.</p>	4		8	10
<b>8. Общая характеристика растворов. Коллигативные свойства растворов</b>					
	<p>Термодинамика бинарных растворов. Парциальные мольные величины и их значение в термодинамике растворов. Зависимость равновесных свойств растворов от химического потенциала и других величин. Уравнение Гиббса-Дюгема.</p> <p>Идеальные растворы. Предельно разбавленные растворы. Уравнения Рауля и Генри. Растворимость газов.</p> <p>Коллигативные свойства растворов. Понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения растворов. Осмос и осмотическое давление. Определение молекулярной массы и степени диссоциации растворенного вещества. Распределение растворенного вещества между двумя несмешивающимися растворителями, коэффициент распределения. Экстракция из растворов. Реальные растворы. Положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля. Закономерности общего давления пара летучих смесей. Законы Коновалова. Совершенные и регулярные растворы.</p>	6		4	8
	Итого	34		34	54

## Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, час.			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Основы формальной кинетики</b>					
	Формальная кинетика. Основной закон кинетики. Скорость химической реакции. Константа скорости и кинетический порядок реакции. Определение константы скорости из опытных данных. Кинетическое уравнение. Понятие элементарного акта реакции. Простые реакции. Классификация простых реакций по молекулярности. Кинетика необратимых реакций первого, второго, третьего и n-ного порядков. Методы определения порядков реакции.	4		4	8
<b>2. Кинетические особенности сложных реакций.</b>					
	Принцип независимости элементарных стадий. Методы составления кинетических уравнений. Обратимые реакции первого порядка. Определение элементарных констант из опытных данных. Параллельные реакции. Последовательные реакции на примере двух необратимых реакций первого порядка. Кинетические кривые накопления отдельных продуктов и определение констант скорости из опытных данных. Кинетический анализ процессов, протекающих через образование промежуточных продуктов. Стационарное и квазистационарное течение реакции. Кинетика реакций в растворах. Влияние растворителя на скорость химической реакции. Солевые эффекты. Гетерогенные реакции. Специфика и основные стадии гетерогенных процессов. Диффузия. Стационарный и нестационарный режимы гетерогенных процессов. Влияние температуры и перемешивания на скорость гетерогенного процесса. Топохимические реакции. Кинетика растворения и кристаллизации. Цепные и фотохимические реакции.	8		8	12
<b>3. Представления о механизме химической кинетики. Кинетические теории.</b>					
	Зависимость скорости химической реакции от температуры. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса. Энергия активации, методы определения энергии активации и предэкспоненциального множителя. Теория активных соударений, истолкование энергии активации и стерического фактора. Теория соударений в применении к мономолекулярным реакциям. Схема Линдемана и ее значение. Сопоставление с опытными данными. Причины неточности схемы Линдемана. Теория переходного состояния. Активированный	6		8	10

	<p>комплекс. Энтропия и энтальпия активации. Основное уравнение в теории активированного комплекса. Соотношения между "опытной" и "истинной" энергии активации. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям. Область применимости полученных соотношений. Объяснение "повышенных" и "заниженных" значений предэкспоненциального множителя. Бимолекулярные реакции. Теория активированного комплекса в применении к бимолекулярным реакциям различного типа.</p>				
<b>4. Каталитические реакции и катализаторы</b>					
	<p>Понятие о катализе и катализаторах. Влияние катализаторов на кинетические параметры химических реакций. Основные промышленные каталитические процессы. Примеры механизмов каталитических реакций. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Классификация реакций кислотно-основного типа. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Автокатализ. Гетерогенный катализ. Ферментативный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная активность. Явления отравления катализаторов. Активность и селективность катализаторов. Активные центры гетерогенных катализаторов. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Металлы как катализаторы. Теория мультиплетов Баландина. Область применения теории мультиплетов. Теория активных ансамблей Кобозева. Ферментативный катализ. Общие сведения о кинетике и механизмах ферментативных реакций. Субстратная специфичность ферментов. Активные и адсорбционные центры ферментов. Механизмы ферментативного катализа. Уравнение Михаэлиса-Ментен.</p>	2		4	6
<b>5. Электрохимия. Свойства растворов электролитов</b>					
	<p>Сильные и слабые электролиты: константа и степень диссоциации, зависимость от концентрации, температуры, природы растворителя. Электростатическая теория сильных электролитов Дебая- Хюккеля. Особенности термодинамических свойств, коэффициенты активности, расчёты активности и коэффициента активности. Неравновесные явления в растворах электролитов. Электропроводность электролитов: удельная, эквивалентная, молярная. Подвижность ионов, числа переноса. Закон разбавления Оствальда. Электрофоретический и релаксационный эффекты торможения в электролитах. Уравнения Кольрауша, Онзагера. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена. Аномальная электропроводность: ионы <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> и <math>\text{OH}^-</math>.</p>	6		4	8
<b>6. Электродные процессы.</b>					
	<p>Равновесные свойства межфазных заряженных частиц.</p>	6		4	8

	Электрохимическое равновесие и электрохимический потенциал. Механизм возникновения двойного электрического слоя на границе раздела фаз. Уравнение Нернста. Вольта-потенциал и проблема абсолютного скачка потенциала. ЭДС и электродные потенциалы. Классификация электродов и гальванических цепей. Термодинамика гальванических элементов: применение уравнения Гиббса-Гельмгольца для электрохимических цепей. Поляризуемый и неполяризуемый электроды. Основные типы электрохимических цепей. Аккумулятор				
<b>7. Кинетика электрохимических реакций</b>					
	Кинетика электродных процессов. Плотность тока как мера скорости электродного процесса; поляризация электродов. Стадии электродного процесса. Вывод уравнения для тока в теории замедленного разряда. Ток обмена и перенапряжение. Механизмы массопереноса: диффузия, миграция и конвекция. Три основных уравнения диффузионной кинетики и общий подход к решению ее задач. Понятие электрохимической коррозии, защита от коррозии оборудования химических производств.	2		2	2
	Итого	34		34	54

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий (нет)

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Первое занятие - вводное, инструктаж по технике безопасности, ознакомление с правилами работы, с приборами и оборудованием. На остальных занятиях каждый студент выполняет индивидуально лабораторные работы из приведенного ниже перечня по графику, составляемому ежегодно.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>Семестр № 3</b>				
1	<b>Первое начало термодинамики. Термохимия</b>	Техника безопасности и правила работы в лаборатории. 1. Определение средней теплоемкости строительных материалов методом смешения. 2. Определение удельной энтальпии растворения твердого вещества в жидкости. 3. Определение теплоты нейтрализации сильной кислоты сильным основанием. 4. Определение удельной энтальпии гидратации вяжущего. 5. Определение энтальпии образования одного моля твердого раствора из двух твердых компонентов при комнатной температуре	8	8
3	<b>Фундаментальное уравнение Гиббса. Характеристические функции</b>	1. Определение термодинамических характеристик реакции диссоциации двухцветного индикатора метилового оранжевого	4	4

5	<b>Фазовые равновесия в однокомпонентных системах</b>	1.Изучение зависимости давления насыщенных паров индивидуальных жидкостей от температуры	4	4
6	<b>Фазовые равновесия в бинарных и трехкомпонентных системах</b>	1. Построение диаграммы состояния двух-компонентной системы с неограниченной растворимостью. 2. Построение диаграммы плавкости бинарной смеси веществ 3. Исследование равновесия жидкость – жидкость в бинарной системе с ограниченной растворимостью жидкостей	6	6
7	<b>Химическое равновесие</b>	1. Определение термодинамических характеристик реакции между салициловой кислотой и хлорным железом. 2.Изучение равновесия гомогенной реакции в растворе. 3.Определение константы диссоциации одноосновного индикатора фотоколориметрическим методом	4	4
8.	<b>Общая характеристика растворов. Коллигативные свойства растворов</b>	1.Изучение зависимости растворимости малорастворимых веществ от температуры 2. Определение растворимости буры в воде, энтальпии растворения и температуры плавления буры. 3.Определение молекулярной массы суперпластификатора для бетонов методом криоскопии.	4	4
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>	<b>34</b>
<b>Семестр № 4</b>				
1	<b>Основы формальной кинетики</b>	1. Изучение кинетики омыления этилацетата потенциометрическим методом. 2. Определение константы скорости и энергии активации реакции второго порядка.	4	4
2	<b>Кинетические особенности сложных реакций</b>	1 Кинетика растворения гипса в воде. 2. Кинетика растворения оксидов и карбонатов в минеральных кислотах. 3. Изучение кинетики взаимодействия фенолфталеина и щёлочи 4. Изучение кинетики гетерогенной реакции взаимодействия кислоты с металлом	8	8
3	<b>Представления о механизме химической кинетики. Кинетические теории</b>	1. Изучение скорости йодирования ацетона	4	4
4	<b>Каталитические реакции и катализаторы</b>	1. Кинетика каталитической реакции обмена комплекса соли органической кислоты	4	4
5	<b>Электрохимия. Свойства растворов электролитов</b>	1.Изучение зависимости удельной электропроводности от концентрации электролита. 2. Изучение зависимости эквивалентной	4	4

		электропроводности от концентрации электролита. 3. Определение константы и степени диссоциации слабого электролита 4. Кондуктометрическое титрование.		
6	Электродные процессы	1. Определение ЭДС элемента Якоби-Даниэля 2. Определение потенциалов отдельных электродов. 3. Исследование зависимости ЭДС гальванических элементов от температуры и расчёт термодинамических параметров. 4. Определение ПР малорастворимых соединений. 5. Построение буферной диаграммы и определение буферной емкости. 6. Определение рН гидратообразования.	8	8
7	Кинетика электрохимических реакций	1. Определение напряжения разложения	2	2
ИТОГО:			34	34

#### **4.4. Содержание курсового проекта/работы**

Выполнение курсового проекта/работы по дисциплине «Физическая химия» не предусмотрено учебным планом.

#### **4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий**

Расчетно-графические задания и индивидуальные домашние задания учебным планом не предусмотрены.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

- 1. Компетенция ОПК-1** Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.5 Использует основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов), способы их применения для решения теоретических и прикладных задач	Экзамен, дифференцированный зачет, выполнение и защита лабораторных работ, выполнение домашних заданий - решение задач, коллоквиумы, тестирование, собеседование.

- 2. Компетенция ОПК-2** Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-2.4 Использует термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для определения направления химических реакций, для вычисления равновесного выхода продуктов, для определения тепловых эффектов реакций; для определения состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах, для нахождения важнейших электрохимических величин (активности, ионной силы, степени и константы диссоциации электролитов, электродных потенциалов, ЭДС гальванических элементов и др.), для определения констант скоростей химических реакций различных порядков и энергии активации и применять полученные результаты для решения задач профессиональной деятельности.	Экзамен, дифференцированный зачет, выполнение и защита лабораторных работ, выполнение домашних заданий - решение задач, коллоквиумы, тестирование, собеседование.

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для проведения экзамена

1. Основные термодинамические понятия и определения. Термодинамические системы и процессы, параметры состояния системы.
2. Уравнение состояния идеальных газов, реальных газов. Вириальные уравнения состояния. Экстенсивные и интенсивные свойства.
3. Первое начало термодинамики. Эквивалентность теплоты и работы. Внутренняя энергия и энтальпия.
4. Понятие о процессах обратимых и необратимых, равновесных и неравновесных. Теплота и работа расширения идеальных газов.
5. Термохимия. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса и следствия из него.
6. Зависимость тепловых эффектов от температуры. Закон Кирхгоффа.
7. Сущность, различные формулировки и математическое выражение второго начала термодинамики. Энтропия как функция состояния.
8. Круговые термодинамические процессы или циклы. Превращение теплоты в работу в тепловых машинах. Цикл Карно.
9. Методы расчета энтропии для разных процессов.
10. Изохорно-изотермический и изобарно-изотермический потенциалы, как критерии направления процесса.
11. Химическое сродство реагирующих веществ.
12. Способы расчета изобарного и изохорного потенциалов при различных температурах. Метод Темкина-Шварцмана. Уравнения Гиббса - Гельмгольца.
13. Свойства характеристических функций. Способы расчета. Соотношения между основными термодинамическими функциями.
14. Тепловая теорема Нернста. Постулат Планка. Свойства веществ вблизи абсолютного нуля.
15. Химический потенциал. Расчет химического потенциала компонента в газах и растворах.
16. Представление о летучести и активности веществ. Коэффициент активности. Зависимость коэффициента активности от концентрации.
17. Парциальные мольные величины.
18. Фазовые равновесия Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и его применение к различным фазовым равновесиям.
19. Однокомпонентные системы. Диаграмма состояния воды.
20. Фазовые переходы первого рода. Понятие "фаза", "компонент", "независимый компонент", "степень свободы". Правило фаз Гиббса.
21. Фазовые переходы второго рода. Фазовые диаграммы. Диаграммы состояния однокомпонентных систем на примере диаграммы состояния серы. Применение правила фаз Гиббса.
22. Диаграммы плавкости для компонентов неограниченно растворимых в жидком и твердом состояниях. Анализ диаграмм с помощью правила фаз Гиббса.
23. Диаграммы состояния с образованием химического соединения, плавящегося конгруэнтно.
24. Диаграммы состояния с образованием химического соединения, плавящегося инконгруэнтно.
25. Растворимость веществ в жидкости. Уравнение Шредера. Твердые растворы. Твердые растворы с неограниченно растворимыми компонентами в твердой фазе.
26. Системы, ограниченно растворимые в твердом виде.
27. Трехкомпонентные системы. Графическое выражение состава. Треугольник Гиббса. Треугольник Розебома.
28. Растворы. Общие определения. Уравнения Гиббса-Дюгема, Рауля.

29. Термодинамика бинарных растворов. Парциальные молярные величины и их значение в термодинамике растворов.
30. Зависимость равновесных свойств растворов от химического потенциала и других величин. Уравнение Гиббса-Дюгема.
31. Идеальные растворы. Предельно разбавленные растворы. Уравнения Рауля и Генри. Растворимость газов.
32. Коллигативные свойства растворов. Понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения растворов.
33. Осмос и осмотическое давление.
34. Определение молекулярной массы и степени диссоциации растворенного вещества. Распределение растворенного вещества между двумя несмешивающимися растворителями, коэффициент распределения.
35. Экстракция из растворов. Реальные растворы. Положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля. Закономерности общего давления пара летучих смесей. Законы Коновалова. Совершенные и регулярные растворы.
36. Свойства летучих неограниченно смешивающихся жидкостей
37. Ограниченно взаимно растворимые жидкости.
38. Термодинамические условия химического равновесия. Закон действия масс. Константы равновесия химических реакций и способы их выражения.
39. Связь между константами равновесия.
40. Уравнение изотермы и направление химической реакции.
41. Гетерогенные химические равновесия.
42. Химическое сродство. Стандартная энергия Гиббса.
43. Смещение химического равновесия. Принцип Ле-Шателье.
44. Влияние температуры на константу равновесия. Уравнение изобары и изохоры.
45. Влияние давления, уравнение Планка. Примеры расчета констант равновесия и составов равновесных смесей.

**Промежуточная аттестация** в конце 3-го семестра осуществляется в форме экзамена после изучения разделов дисциплины «Физическая химия», охватывающих первую часть – химическую термодинамику.

При проведении экзамена экзаменационный билет, содержащий три теоретических вопроса и одну задачу, выбирают сами студенты в случайном порядке. Билеты ежегодно утверждаются на заседании кафедры. Для подготовки студенту отводится время в пределах одного часа.

Экзамен является значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

*Типовой вариант экзаменационного билета в 3-ом семестре*

БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. Шухова

Кафедра теоретической и прикладной химии

Дисциплина: Физическая химия

Направление: 18.03.01 – Химическая технология

Профиль: 18.03.01-01; 18.03.01-02; 18.03.01-03

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № \_\_\_\_

1. Расчет энтропии в процессе нагревания вещества и его фазовых переходах.
2. Уравнение изотермы химической реакции. Приведите выражение константы равновесия через парциальные равновесные давления для реакции  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$ , находящейся в состоянии равновесия.
3. Растворимость твердых тел в жидкости. Анализ уравнения Шредера..

4. Определите давление насыщенного пара раствора, содержащего 68,4 г сахара в 1000 г воды при 100° С.

Одобрено на заседании кафедры « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ В.И. Павленко

**Промежуточная аттестация** в конце 4-го семестра осуществляется в форме **дифференцированного зачета** после изучения разделов дисциплины «Физическая химия», охватывающих вторую часть дисциплины – химическую кинетику и катализ, электрохимию, кинетику электрохимических процессов.

При проведении дифференцированного зачета зачетный билет, содержащий три теоретических вопроса и задача, выбирают сами студенты в случайном порядке. Билеты ежегодно утверждаются на заседании кафедры. Для подготовки студенту отводится время в пределах 45-60 мин.

Дифференцированный зачет является значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

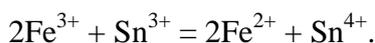
#### **4 семестр, дифференцированный зачет** **Теоретические вопросы**

1. Основные понятия формальной кинетики. Скорость химической реакции. Константа скорости. Закон действующих масс. Молекулярность и порядок реакции.
2. Односторонние реакции нулевого, первого, второго и третьего порядка. Основные представления и уравнения. Вывод и анализ основных уравнений.
3. Способы определения порядка реакции.
4. Односторонние параллельные реакции первого порядка. Вывод и анализ основных уравнений.
5. Односторонние последовательные реакции. Лимитирующая стадия. Основные уравнения.
6. Двухсторонние реакции. Основные понятия и уравнения
7. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Анализ уравнений Вант-Гоффа и Аррениуса. Энергия активации, методы определения энергии активации и предэкспоненциального множителя.
8. Теория активных соударений, истолкование энергии активации и стерического фактора.
9. Теория соударений в применении к мономолекулярным реакциям. Схема Линдемана и ее значение.
10. Теория переходного состояния. Активированный комплекс. Энтальпия активации.
11. Основное уравнение в теории активированного комплекса. Соотношения между "опытной" и "истинной" энергии активации.
12. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям. Область применимости полученных соотношений. Объяснение "повышенных" и "заниженных" значений предэкспоненциального множителя.
13. Бимолекулярные реакции. Теория активированного комплекса в применении к бимолекулярным реакциям различного типа.
14. Особенности гетерогенных процессов. Диффузионная стадия.
15. Влияние внешних параметров на скорость гетерогенных процессов.
16. Кинетика растворения и кристаллизации.
17. Понятие о катализе и катализаторах. Влияние катализаторов на кинетические параметры химических реакций.
18. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ.
19. Классификация реакций кислотно-основного типа. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Автокатализ.

20. Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная активность. Явления отравления катализаторов.
21. Активность и селективность катализаторов. Активные центры гетерогенных катализаторов.
22. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Металлы как катализаторы.
23. Теория мультиплетов Баландина. Область применения теории мультиплетов.
24. Теория активных ансамблей Кобозева.
25. Ферментативный катализ. Общие сведения о кинетике и механизмах ферментативных реакций. Субстратная специфичность ферментов. Активные и адсорбционные центры ферментов.
26. Механизмы ферментативного катализа. Уравнение Михаэлиса-Ментен.
27. Электростатическая теория сильных электролитов Дебая-Хюккеля.
28. Электропроводность растворов электролитов. Удельная и эквивалентная электропроводность.
29. Подвижность ионов. Зависимость от радиуса, природы электролита.
30. Электрофоретический и релаксационный эффекты торможения.
31. Электродные процессы. Механизм возникновения скачка потенциала на границе раздела двух фаз. Электродный потенциал. Уравнение Нернста.
32. Равновесные свойства межфазных заряженных частиц. Электрохимическое равновесие и электрохимический потенциал.
33. Механизм возникновения двойного электрического слоя на границе раздела фаз.
34. Уравнение Нернста. Вольта-потенциал и проблема абсолютного скачка потенциала. ЭДС и электродные потенциалы. Классификация электродов. Электроды первого и второго рода. Электродные реакции. Уравнение Нернста.
35. Классификация электродов. Газовые и ред/окс электроды. Электродные реакции. Уравнение Нернста.
36. Гальванические элементы и цепи. Классификация. Схемы записи. Суммарные электродные реакции. Уравнение Нернста.
37. Термодинамика гальванических систем.
38. Поляризация электродов, ее виды: концентрационная, химическая.
39. Зависимость энергии активации и скорости электродных процессов от потенциала. Уравнение Тафеля.
40. Электрохимические источники тока. Аккумуляторы.
41. Основы электрохимической коррозии.

### Практические задания

1. Период полупревращения вещества в реакции первого порядка при 323 К составляет 100 мин, а при 353 К – 15 минут. Вычислите температурный коэффициент скорости этой реакции.
2. Определите порядок реакции  $2\text{CO} = \text{CO}_2 + \text{C}$ , если в одном случае за 30 мин. давление уменьшилось с  $1,049 \cdot 10^5$  до  $0,924 \cdot 10^5$  Па, а в другом случае за тот же промежуток времени – с  $0,714 \cdot 10^5$  до  $0,624 \cdot 10^5$  Па.
3. Константа скорости некоторой реакции первого порядка при 300К равна  $0,008 \text{ мин}^{-1}$ . Определите, сколько процентов исходного вещества разложится за 1,5 часа.
4. Бимолекулярная реакция, для которой  $C_A = C_B$ , протекает за 10 мин на 25%. Сколько времени необходимо, чтобы реакция прошла на 50% при той же температуре.
5. Составьте гальванический элемент в котором протекает следующая химическая реакция



Приведите уравнение Нернста для расчета ЭДС данного гальванического элемента.

6. Вычислить тепловой эффект реакции, протекающей в гальваническом элементе  $\text{Zn} | \text{ZnSO}_4 || \text{CuSO}_4 | \text{Cu}$ , если ЭДС цепи при 18 °С равна 1,16В, температурный коэффициент  $dE/dT = -0,00043$ .
7. Рассчитайте тепловой эффект химической реакции  $2\text{IO}_3^- + 2\text{H}^+ + 5\text{H}_2\text{O}_2 = \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}_2$ , если эта реакция протекает в гальваническом элементе при 298К, а величина ЭДС равна 0,513 В,  $dE/dT = 0,00067 \text{ В/град}$ .

8. Эквивалентная электропроводность водного раствора хлорида калия при бесконечном разведении и  $25^{\circ}\text{C}$   $\lambda_{\text{KCl}}^0 = 149,8 \text{ ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}\text{эkv}^{-1}$ . Число переноса иона  $\text{Cl}^- t = 0,49$ .

Вычислите эквивалентные электропроводности при бесконечном разведении ионов  $\text{Cl}^-$  и  $\text{K}^+$  и сравните их со справочными значениями. Вычислите число переноса ионов  $\text{K}^+$ .

9. В сосуд для измерения электропроводности помещены платиновые электроды в форме дисков диаметром 1,3 см, расстояние между электродами 1,7 см. Сосуд заполнен 0,05 моль/л раствором  $\text{NaNO}_3$ . При напряжении 0,5 В через данный раствор протекает переменный ток 1,85 мА. Найдите удельную и эквивалентную электропроводность раствора  $\text{NaNO}_3$ .

10. Рассчитайте эквивалентную электропроводность 0,001 N раствора  $\text{LiCl}$  и сравните с опытной величиной  $96,6 \text{ ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}\text{эkv}^{-1}$ . Эквивалентные электропроводности 0,001 N растворов  $\text{LiNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$  при 291 K равны соответственно 92,9; 102,9; 106,5  $\text{ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}\text{эkv}^{-1}$ .

### *Типовой вариант зачетного билета в 4-ом семестре*

БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. Шухова

Кафедра теоретической и прикладной химии

Дисциплина: Физическая химия

Направление: 18.03.01 – Химическая технология

Профиль: 18.03.01-01; 18.03.01-02; 18.03.01-03

### **ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № \_\_\_\_\_**

1. Односторонние реакции первого порядка. Вывод и анализ основных уравнений. Примеры.
2. Классификация обратимых электродов. Электроды первого и второго рода. Электродные реакции. Уравнение Нернста.
3. Электропроводность растворов электролитов. Удельная и эквивалентная электропроводность, их связь.
4. Константа скорости некоторой реакции первого порядка при 300K равна  $0,008 \text{ мин}^{-1}$ . Определите, сколько процентов исходного вещества разложится за 1,5 часа.

Одобрено на заседании кафедры « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ В.И. Павленко

### **5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы**

Выполнение курсового проекта/работы по дисциплине «Физическая химия» не предусмотрено учебным планом.

### **5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре**

**Текущий контроль** осуществляется в течение семестров в форме защиты лабораторных работ, решения домашних задач, защиты коллоквиумов, которые включают сдачу теоретического материала и решение задач по каждой теме. Текущий контроль изучения теоретического материала возможен с использованием тестирования.

Выполнение контрольных работ по дисциплине «Физическая химия» не предусмотрено учебным планом.

**Вопросы для защиты лабораторных работ** приведены в конце каждой лабораторной работы в разделе «Вопросы для самоподготовки и задачи для самостоятельного решения» [Мухачева В.Д. Физическая химия: лабораторный практикум. Часть 1: учеб. пособие / В.Д. Мухачева. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021.– 136 с.

Мухачева В.Д., Полуэктова В.А. Физическая химия: лабораторный практикум. Часть II: учеб. пособие / В.Д. Мухачева, В.А. Полуэктова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021.– 115 с.].

Для защиты лабораторной работы необходимо:

а) выполнить экспериментальную часть работы, произвести обработку результатов в соответствии с требованиями, приведенными в лабораторном практикуме;

б) подготовить ответы на контрольные вопросы и решить задачи.

Решение домашних задач является частью подготовки к сдаче практической части коллоквиумов.

### **Вопросы для защиты лабораторных работ (пример 1 – лабораторная работа по термехимии)**

1. В каком соотношении находятся  $\Delta_r U$  и  $\Delta_r H$  химической реакции? В каком случае можно пренебречь разницей между этими величинами?
2. Как рассчитать теплоту и работу расширения идеальных газов в изохорном и изобарном процессах?
3. Что такое теплоемкость системы? Как теплоемкость зависит от температуры?
4. Изменится ли энтальпия и внутренняя энергия изолированной системы, если в системе пройдет реакция сгорания водорода с образованием воды?
5. Является ли теплота функцией перехода в изобарном процессе? Ответ поясните.
6. Приведите формулировки первого начала термодинамики.
7. Объясните основное отличие термометра Бекмана от обычных термометров.
8. Каковы формы передачи энергии от одной системы к другой, чем они отличаются?
9. В чем состоит различие экстенсивных и интенсивных величин? Приведите примеры величин каждой группы.
10. Объясните, почему для любой термодинамической системы  $c_p > c_v$ .

### **Задачи для домашнего решения (пример)**

1. Через нагреватель, погруженный в калориметр, в течение 5 мин пропускали ток силой 1,0 А и напряжением 4 В. Температура калориметрической системы повысилась на 0,5 °С. Какова суммарная теплоемкость калориметрической системы?
2. Зависимость истинной молярной теплоемкости водяного пара от температуры выражается уравнением:

$$C_p = 28,83 + 13,74 \cdot 10^{-3} T \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

Какое количество теплоты выделится при охлаждении 90 г пара от 150 до 100 °С при постоянном давлении  $1,013 \cdot 10^5$  Па?

3. Комната имеет площадь 20 м<sup>2</sup> и высоту 4 м. Какое количество теплоты потребуется, чтобы нагреть воздух в этой комнате от 10 до 20 °С при полной термоизоляции, если для азота и кислорода истинная молярная теплоемкость

$$C_p = 27,19 + 4,18 \cdot 10^{-3} T \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}?$$

4. Чайник, содержащий 1 кг кипящей воды, нагревают до полного испарения при нормальном давлении. Определите работу  $W$ , теплоту  $Q$ , изменения внутренней энергии и энтальпии для этого процесса. Молярная теплота испарения воды 40,6 кДж·моль<sup>-1</sup>.
5. Три моля идеального одноатомного газа, находящегося при  $T_1 = 350$  К и  $P_1 = 5$

атм., обратимо и адиабатически расширяются до давления  $P_2 = 1$  атм. Рассчитайте конечные температуру и объем, а также совершенную работу и изменение внутренней энергии и энтальпии в этом процессе.

**Собеседование.** Предполагает опрос студентов на каждом лабораторном занятии, с целью закрепления материала, контроля полученных знаний и выявления слабых мест в усвоении и понимании материала.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена и дифференцированного зачета используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Показатель оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных законов физической химии
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение применять основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов) для решения теоретических и прикладных задач
	Умение проводить эксперименты по изучению физико-химических свойств индивидуальных веществ, многокомпонентных систем
	Умение использовать термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для определения направления химических реакций, для вычисления равновесного выхода продуктов, для определения тепловых эффектов реакций; для определения состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.
	Умение использовать термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для нахождения важнейших электрохимических величин (активности, ионной силы, степени и константы диссоциации электролитов, электродных потенциалов, ЭДС гальванических элементов и др.), для определения констант скоростей химических реакций различных порядков и энергии активации.
	Умение прогнозировать потенциальную возможность реализации той или иной химической или электрохимической реакции в данных условиях.
	Умение применять различные методики установления кинетических закономерностей протекания физико-химических процессов
	Умение применять результаты физико-химического эксперимента для решения задач профессиональной деятельности.
Навыки	Владеть навыками применения основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ, а также теоретических законов физической химии к решению практических

	вопросов химической технологии
	Владеть методами обработки результатов, приемами поиска необходимых данных с использованием библиотечных и Интернет-ресурсов
	Владеть методами работы на основных физико-химических приборах и практическими навыками самостоятельного проведения химического эксперимента.

Оценка преподавателем выставляется интегрально по всем показателям и критериям оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных законов физической химии	Не знает основные законы физической химии	Знает основные законы физической химии, но допускает неточности в формулировках и объяснении	Знает основные законы физической химии, умеет применять в решении практических задач, допуская некоторые неточности	Твердо знает основные законы физической химии, умеет применять в решении практических задач
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими примерами	Приводит поясняющие примеры, но с ошибками	Приводит поясняющие примеры корректно и понятно	Применяет знания к решению различных проблем в смежных областях химии и химической технологии, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, самостоятельно и в полном объеме выполняет анализ

				и оценку полученных знаний
--	--	--	--	----------------------------

**Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение применять основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов) для решения теоретических и прикладных задач	Не умеет применять основные законы и соотношения физической химии для решения теоретических и прикладных задач	Умеет частично применять основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов) для решения теоретических задач	Умеет применять основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов) для решения теоретических и прикладных задач, но допускает неточности	Умеет применять основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов) для решения теоретических и прикладных задач
Умение проводить эксперименты по изучению физико-химических свойств индивидуальных веществ и многокомпонентных систем	Не умеет проводить эксперименты по изучению физико-химических свойств индивидуальных веществ, многокомпонентных систем	Умеет проводить эксперименты по изучению физико-химических свойств индивидуальных веществ, многокомпонентных систем, но обработка экспериментальных данных затруднена	Умеет проводить эксперименты по изучению физико-химических свойств индивидуальных веществ, многокомпонентных систем и обработку полученных экспериментальных данных.	Умеет самостоятельно планировать и проводить эксперименты по изучению физико-химических свойств индивидуальных веществ, многокомпонентных систем и проводить обработку и анализ полученных экспериментальных данных
Умение использовать термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для определения направления химических реакций, для вычисления равновесного выхода продуктов, для определения	Не умеет использовать термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для определения направления химических реакций, для вычисления равновесного выхода продуктов, для определения	Умеет использовать термодинамические справочные данные для определения направления химических реакций, тепловых эффектов реакций, но не умеет использовать результаты физико-химического эксперимента для	Умеет использовать термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для определения направления химических реакций, для вычисления равновесного выхода продуктов, для определения	Умеет использовать термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для определения направления химических реакций, для вычисления равновесного выхода продуктов, для определения

тепловых эффектов реакций; для определения состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.	тепловых эффектов реакций; для определения состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.	объяснения физико-химических характеристик реакции.	тепловых эффектов реакций; для определения состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах, но допускает ошибки в расчетах.	тепловых эффектов реакций; для определения состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.
Умение использовать термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для нахождения важнейших электрохимических величин (активности, ионной силы, степени и константы диссоциации электролитов, электродных потенциалов, ЭДС гальванических элементов и др.), для определения констант скоростей химических реакций различных порядков и энергии активации.	Не умеет использовать термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для нахождения важнейших электрохимических величин (активности, ионной силы, степени и константы диссоциации электролитов, электродных потенциалов, ЭДС гальванических элементов и др.), для определения констант скоростей химических реакций различных порядков и энергии активации.	Умеет использовать термодинамические справочные данные, но не умеет самостоятельно применять результаты физико-химического эксперимента для нахождения важнейших электрохимических величин, для определения констант скоростей химических реакций различных порядков и энергии активации.	Умеет использовать термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для нахождения важнейших электрохимических величин, для определения констант скоростей химических реакций различных порядков и энергии активации, но допускает ошибки в расчетах и выводах.	Умеет использовать термодинамические справочные данные и результаты физико-химического эксперимента для нахождения важнейших электрохимических величин (активности, ионной силы, степени и константы диссоциации электролитов, электродных потенциалов, ЭДС гальванических элементов и др.), для определения констант скоростей химических реакций различных порядков и энергии активации.
Умение прогнозировать потенциальную возможность реализации той или иной химической или электрохимической реакции в данных условиях.	Не умеет прогнозировать потенциальную возможность реализации той или иной химической или электрохимической реакции в данных условиях.	Ошибается при прогнозировании потенциальной возможности реализации той или иной химической или электрохимической реакции в данных условиях.	Умеет прогнозировать потенциальную возможность реализации той или иной химической или электрохимической реакции в данных условиях, но допускает неточности.	Умеет прогнозировать потенциальную возможность реализации той или иной химической или электрохимической реакции в данных условиях.
Умение применять различные методики установления кинетических	Не умеет применять различные методики установления	Умеет применять одну методику установления кинетических закономерностей	Умеет применять в неполном объеме несколько методик установления кинетических	Умеет применять в полном объеме различные методики установления

закономерностей протекания физико-химических процессов	кинетических закономерностей протекания физико-химических процессов	протекания физико-химических процессов	закономерностей протекания физико-химических процессов	кинетических закономерностей протекания физико-химических процессов
Умение применять результаты физико-химического эксперимента для решения задач профессиональной деятельности	Не умеет применять результаты физико-химического эксперимента для решения задач профессиональной деятельности	Частично умеет применять результаты физико-химического эксперимента для решения задач профессиональной деятельности	Умеет применять результаты физико-химического эксперимента для решения задач профессиональной деятельности, но затрудняется с обоснованием выбора.	Умеет в полном объеме применять результаты физико-химического эксперимента для решения задач профессиональной деятельности

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками применения основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ, а также теоретических законов физической химии к решению практических вопросов химической технологии	Не владеет навыками применения основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ, а также теоретических законов физической химии к решению практических вопросов химической технологии	Владеет навыками применения основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ, а также теоретических законов физической химии к решению практических вопросов химической технологии не в полном объеме	Владеет навыками применения основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ, а также теоретических законов физической химии к решению практических вопросов химической технологии, но допускает неточности	Владеет навыками применения основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ, а также теоретических законов физической химии к решению практических вопросов химической технологии в полном объеме
Владеть методами обработки результатов, приемами поиска необходимых данных с использованием библиотечных и Интернет-ресурсов	Не владеет методами обработки результатов, приемами поиска необходимых данных с использованием библиотечных и Интернет-ресурсов	Владеет методами обработки результатов, приемами поиска необходимых данных с использованием библиотечных и Интернет-ресурсов не в полном объеме	Владеет методами обработки результатов, приемами поиска необходимых данных с использованием библиотечных и Интернет-ресурсов, но допускает неточности	Владеет методами обработки результатов, приемами поиска необходимых данных с использованием библиотечных и Интернет-ресурсов в полном объеме
Владеть методами работы на основных физико-химических	Не владеет методами работы на основных физико-химических	Владеет методами работы на основных физико-химических	Владеет методами работы на основных физико-химических	Владеет методами работы на основных физико-химических

приборах и практическими навыками самостоятельного проведения химического эксперимента.	химических приборах и практическими навыками самостоятельного проведения химического эксперимента	приборах и практическими навыками самостоятельного проведения химического эксперимента не в полном объеме	приборах и практическими навыками самостоятельного проведения химического эксперимента, но допускает неточности	приборах и практическими навыками самостоятельного проведения химического эксперимента в полном объеме
---	---	---	---	--

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и промежуточной аттестации УК 2 №№ 327,325	Специализированная мебель. Мультимедийный проектор, экран, компьютер, ноутбук
2.	Учебные лаборатории УК2 №№ 303,308 для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации	Специализированная мебель. Мост переменного тока Р577, потенциостат П-58-46, баня водяная, ультратермостат, вискозиметр, фотоэлектроколориметр КФК-2, вакуумный сушильный шкаф, рефрактометр, экотест-01, дистиллятор, аквадистиллятор, термостат, весы ВЛКТ, холодильник, лазерный анализатор размеров частиц серия Zetatrac, модуль «Термический анализ» с персональным компьютером, модуль УЛК «Термостат», модуль «Универсальный контроллер», мост переменного тока П-577, установка «Исследование теплоемкости газов и их смесей ТТ-2», кондуктометр «Эксперт», весы лабораторные ВК-600, центрифуга, информационные стенды, химическая посуда и реактивы. Имеются компьютеры и соответствующее программное обеспечение для сопровождения эксперимента и ведения сложных расчетов, а также для экспресс-контроля входных знаний и умений работы с соответствующим оборудованием.
3.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020. Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017.
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020. Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017.
3.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
4.	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5.	Autodesk Education Master Suite	№ лиц. 7053026340

## 6.3 Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

### 6.3.1 Перечень основной литературы

1. Павленко В.И. Химическая термодинамика: Учебник /В.И. Павленко. – Белгород.: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. – 356 с.
2. Мухачева В.Д. Физическая химия: учебное пособие / В.Д. Мухачева, Н.А. Шаповалов, В.А. Полуэктова. – Белгород.: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. – 252 с.
3. Мухачева В.Д. Химическая кинетика и электрохимия: учеб. пособие / В.Д. Мухачева, В.А. Полуэктова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015.– 290 с.
4. Мухачева В.Д. Физическая химия. Лабораторный практикум. Ч.І: учеб. пособие / В.Д. Мухачева. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021.– 136 с.
5. Мухачева В.Д. Физическая химия. Лабораторный практикум. Ч.ІІ: учеб. пособие / В.Д. Мухачева, В.А. Полуэктова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021.– 115 с.
6. Стромберг А.Г. Физическая химия./ А.Г.Стромберг, Д.П. Семченко. – М.: Высшая школа. 2006. – 528 с.
7. Мухачева В.Д. Физическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие /В.Д. Мухачева, Н.А. Шаповалов, В.А. Полуэктова. – Электрон. Текстовые данные. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 252с. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017011715240371600000652596>
8. Мухачева В.Д. Химическая кинетика и электрохимия: [Электронный ресурс]: учеб.пособие / В.Д. Мухачева, В.А. Полуэктова. – Электрон.текстовые данные – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015.–290с.–Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015110710585298300000657738>
9. Мухачева В.Д. Электрохимия, кинетика и катализ. Практикум по физической химии: [Электронный ресурс]: учеб.пособие / В.Д. Мухачева, О.А. Слюсарь, В.А. Полуэктова, А.А. Слюсарь. – Электрон.текстовые данные. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013.-153 с. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040921112591455100005387>
10. Мухачева В.Д. Химическая термодинамика: практикум: [Электронный ресурс]: учеб.пособие / В.Д. Мухачева, О.А. Слюсарь, В.А. Полуэктова. Электрон. Текстовые данные – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012.– 140 с. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918194122978400005227>

### 6.3.2 Перечень дополнительной литературы

1. Павленко В.И. Химическая термодинамика: Учеб.пособие /В.И. Павленко. – М.:Высшая шк.,1998. – 319с.
2. Основы физической химии. Теория и задачи: Учеб.пособие /В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская и др. М:Экзамен, 2005.– 480 с.
3. Голиков Г.А. Руководство по физической химии: Учебное пособие для хим. – технол. спец. вузов / Г.А. Голиков. – М.: Высшая школа. – 1998. – 383 с.
4. Кудряшов, И.В. Сборник примеров и задач по физической химии / И.В.Кудряшов, Е.В.Киселева, Г.С. Каретников. – М.: Высшая школа. – 1998. – 527 с.
5. Буданов В.В. Химическая кинетика: Учебное пособие / В.В. Буданов, Т.Н. Ломова, В.В. Рыбкин – СПб.: Изд-во «Лань», 2014. – 288 с.
6. Краткий справочник физико–химич. величин./ Под ред. А.А. Равделя, А.Н. Пономаревой.- Л.: Химия. – 1999.
7. Кругляков П.М. Физическая и коллоидная химия: Учеб.пособие /М.П. Кругляков, Т.Н. Хаскова. – М.: Высш. шк., 2005. – 319 с.
8. Мухачева В.Д. Химическая термодинамика: практикум: учеб.пособие / В.Д. Мухачева, О.А. Слюсарь, В.А. Полуэктова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012.– 140 с.
9. Мухачева В.Д. Электрохимия, кинетика и катализ. Практикум по физической химии: учеб.пособие / В.Д. Мухачева, О.А. Слюсарь, В.А. Полуэктова, А.А. Слюсарь. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013.–153 с.

### 6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. <http://www.knigafund.ru/>
2. <http://ntb.bstu.ru/resoursts/el/>
3. <http://e.lanbook.com/>

## 7.УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ /20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

