

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  
« 25 » 05 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**Физическая химия**

Специальность:

**18.05.02 – Химическая технология материалов современной энергетики**

специализация:

**Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной  
энергии**

Квалификация (степень)

**инженер**

Форма обучения

**Очная**

**Институт: химико-технологический**

**Кафедра теоретической и прикладной химии**

Белгород – 2021



## 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 использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности.</p>	<p><b>ОПК-1.1</b> Анализирует и классифицирует физические и химические процессы, протекающие на объекте профессиональной деятельности.</p> <p><b>ОПК-1.2.</b>Выбирает для решения задач профессиональной деятельности фундаментальные законы, описывающие изучаемый процесс или явление</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> – основные законы физической химии, основы химической термодинамики и кинетики, теории фазовых равновесий ; основные закономерности протекания химических и физико-химических процессов в системах различной компонентности, природу химических взаимодействий и реакционной способности соединений.</p> <p><b>Уметь:</b> - анализировать и классифицировать физические и химические процессы, протекающие на объектах использования ядерной энергии. - самостоятельно ставить задачу физико-химического исследования в химических системах; - пользуясь полученными знаниями, выбирать оптимальные пути и методы решения поставленных задач; - 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.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками применения основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ, а также теоретических законов физической химии к решению практических вопросов химической технологии. – методами обработки результатов, приемами поиска необходимых данных с использованием библиотечных и Интернет-ресурсов.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Компетенция** ОПК-1. Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Физика
2	Общая и неорганическая химия
3	Органическая химия
4	Физическая химия
5	Коллоидная химия
6	Механика
7	Материаловедение
8	Основы ядерной физики
9	Технология основных материалов современной энергетики

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зач. единиц, 360 часов.

Форма промежуточной аттестации зачет, экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	360	144	180
<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>	216	72	144
Курсовой проект			
Курсовая работа	36		36
Расчетно-графическое задания			
Индивидуальное домашнее задание			
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	144	72	72
Форма промежуточной аттестации (зачет)		зачет	
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>					
	<p>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 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>	4		8	14
<b>2.Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы</b>					
	Круговые термодинамические процессы или циклы. Превращение теплоты в работу в тепловых машинах. Цикл Карно. Сущность и математическое выражение второго начала. Энтропия. Методы расчета энтропии для разных процессов.	2			2
<b>3.Характеристические функции. Термодинамические потенциалы</b>					
	Свойства характеристических функций. Способы расчета. Соотношения между основными термодинамическими функциями. Термодинамические потенциалы. Термодинамические потенциалы как критерии направленности процессов. Дифференциальные уравнения термодинамики. Химический потенциал идеальных и реальных газов. Фугитивность и активность.	6		4	10
<b>4.Третье начало термодинамики</b>					
	Тепловая теорема Нернста. Постулат Планка. Свойства веществ вблизи абсолютного нуля. Расчеты с помощью	2			2

	таблиц стандартных величин энтальпий и энтропий.				
<b>5. Химическое равновесие</b>					
	Условия химического равновесия. Закон действия масс. Константа химического равновесия. Уравнение изотермы и направление химической реакции. Гетерогенные химические равновесия. Химическое сродство. Стандартная энергия Гиббса. 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.	4		8	12
<b>6. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах.</b>					
	Условия фазовых равновесий. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграмма состояния воды. Изоморфизм. Энантиотропные и моноотропные превращения. Диаграммы состояния $H_2O$ , $SiO_2$ .	4		4	10
<b>7. Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах.</b>					
	Системы с простой эвтектикой. Правило рычага. Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися химическими соединениями. Анализ диаграмм.	6		6	12
<b>8. Общая характеристика растворов. Коллигативные свойства растворов</b>					
	Термодинамика бинарных растворов. Парциальные молярные величины. Давление насыщенного пара компонентов над раствором. Уравнения Гиббса-Дюгема, Рауля, Генри. Активность и коэффициент активности. Растворы жидкостей в жидкости. Закономерности давления паров летучих смесей. Законы Коновалова. Азеотропные смеси. Ограниченно взаимно растворимые жидкости. Растворы газов и твердых веществ в жидкости. Изменение температуры кипения и температуры замерзания растворов. Растворимость веществ в жидкости. Уравнение Шредера. Твердые растворы с неограниченно растворимыми компонентами в твердой фазе. Системы, ограниченно растворимые в твердом виде.	6		4	10
	Итого	34		34	72

## 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>					
	Понятие о скорости химической реакции. Элементарные реакции. Основной постулат химической кинетики. Константа скорости, порядок, молекулярность реакции. Кинетика необратимых реакций нулевого, первого, второго, третьего n-го порядков. Методы определения порядков реакции.	4		4	8
<b>2. Кинетические особенности сложных реакций.</b>					

	<p>Принцип независимости элементарных стадий. Методы составления кинетических уравнений. Обратимые реакции первого порядка. Определение элементарных констант из опытных данных. Параллельные реакции.</p> <p>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.</p> <p>Кинетика реакций в растворах. Влияние растворителя на скорость химической реакции. Солевые эффекты.</p> <p>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.</p> <p>Цепные и фотохимические реакции.</p>	8		8	12
<b>3. Представления о механизме химической кинетики. Кинетические теории.</b>					
	<p>Зависимость скорости химической реакции от температуры. У Вант-Гоффа и Аррениуса. Энергия активации, методы определения энергии активации и предэкспоненциального множителя.</p> <p>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.</p> <p>Теория переходного состояния. Активированный комплекс. Энтропия и энтальпия активации. Основное уравнение в теории активированного комплекса.</p> <p>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>	6		8	12
<b>4. Каталитические реакции и катализаторы</b>					
	<p>Понятие о катализе и катализаторах. Влияние катализаторов на кинетические параметры химических реакций.</p> <p>Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Автокатализ. Металлокомплексный и ферментативный катализ. Гетерогенный катализ. Стадии гетерогенного катализа. Теория активных центров, мультиплетная теория.</p>	2		4	10
<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.</p> <p>Особенности термодинамических свойств, коэффициенты активности, расчёты активности и коэффициента активности.</p> <p>Неравновесные явления в растворах электролитов.</p> <p>Электропроводность электролитов: удельная, эквивалентная, молярная. Подвижность ионов, числа переноса. Закон</p>	6		4	10

	разбавления Оствальда. Электрофоретический и релаксационный эффекты торможения в электролитах. Уравнения Кольрауша, Онзагера.				
<b>6. Электродные процессы.</b>					
	Уравнение Нернста. Электроды первого, второго, третьего рода, окислительно-восстановительные, мембранные электроды. Стандартный потенциал. Гальванические элементы. Общие понятия, термодинамика гальванических систем. Основные типы электрохимических цепей. Аккумуляторы	6		4	14
<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	6
	Итого	34		34	72

## 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>Характеристические функции. Термодинамические потенциалы</b>	1. Определение термодинамических характеристик реакции диссоциации двухцветного индикатора метилового оранжевого	4	4
5	<b>Химическое равновесие</b>	1. Определение термодинамических характеристик реакции между салициловой	4	4

		кислотой и хлорным железом. 2.Изучение равновесия гомогенной реакции в растворе. 3.Определение константы диссоциации одноосновного индикатора фотоколориметрическим методом		
6	<b>Фазовые равновесия в однокомпонентных системах.</b>	1.Изучение зависимости давления насыщенных паров индивидуальных жидкостей от температуры	4	4
7	<b>Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах.</b>	1. Построение диаграммы состояния двухкомпонентной 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
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.	8	8
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>	<b>34</b>
<b>Семестр № 4</b>				
1	<b>Основы формальной кинетики</b>	1. Изучение кинетики омыления этилацетата щёлочью потенциметрическим 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 электропроводности от концентрации электролита.	4	4

		3.Определение константы и степени диссоциации слабого электролита 4.Кондуктометрическое титрование.		
6	<b>Электродные процессы.</b>	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	<b>Кинетика электрохимических реакций</b>	1. Определение напряжения разложения	2	2
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>	<b>34</b>

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая работа выполняется с целью организации самостоятельной работы студентов и контроля за ее выполнением. На выполнение курсовой работы предусмотрено 36 часов самостоятельной работы студента. Курсовая работа защищается в беседе с преподавателем.

##### Примерные темы курсовой работы

##### Теоретическая часть

1. Ионоселективные электроды, применение.
2. Влияние природы растворителя на кинетику химической реакции (рассмотреть на конкретном примере)
3. Определение порядка реакции окисления иодид-ионов ионами трехвалентного железа
4. Тримолекулярные реакции
5. Роль и значение физической химии в создании новых технологий и технологических процессов
6. Каталитические процессы в переработке промышленных отходов
7. Основные положения электростатической теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля
8. Методы определения констант скоростей химических реакций и энергии активации.
9. Потенциометрическое изучение кинетики твердения минеральных вяжущих
10. Кинетика топохимических реакций.
11. Ионные равновесия в растворах электролитов в присутствии твердой фазы.  
Произведение растворимости
12. Возникновение электродного потенциала. Строение двойного электрического слоя
13. Химическая поляризация электродов
14. Основные положения теории замедленного разряда
15. Влияние структуры двойного электрического слоя на кинетику разряда и ионизации.
16. Механизм электрохимической коррозии
17. Теория активных соударений для разных видов бимолекулярных реакций
18. Механизмы катализа комплексами металлов.
19. Ферментативный катализ. Схема Михаэлиса-Ментен.
20. Кинетика разветвленных цепных реакций.

##### Расчетная часть

1. Расчет кинетических и электрохимических характеристик химических реакций

## Пример расчетной части курсовой работы

### Задание 1. Кинетические закономерности протекания химических реакций

**Задача 1.** Определите порядок и константу скорости реакции  $A$  (табл.1), протекающей при заданной температуре  $T$ , К, пользуясь данными о ходе процесса во времени  $\tau$ .

Таблица 1

Вариант	Реакция $A$	Время, мин	Контроль за ходом реакции (параметр)
1	2	3	4
1	$2C_2H_5OH + 2Br_2 \rightarrow$ $\rightarrow CH_3COOC_2H_5 + 4HBr$ (спирт в большом избытке)  $(T = 298 \text{ K})$		$a \cdot 10^3$ – концентрация $Br_2$ , моль/л
		0	4,24
		4	3,14
		10	2,24
		15	1,78
		0	8,14
		4	6,10
		10	4,45
		15	3,73

**Задача 2.** По значениям констант скоростей реакций при двух температурах определите энергию активации, константу скорости при температуре  $T_3$ , температурный коэффициент скорости и количества вещества, израсходованное за время  $\tau$ , если начальные концентрации равны  $C_0$  (табл. 2). Учтите, что молекулярность и порядок реакции совпадают.

Таблица 2

Вариант	Реакция	$T_1$ , К	$k_1$ , мин <sup>-1</sup> · моль <sup>-1</sup> · л	$T_2$ , К	$k_2$ , мин <sup>-1</sup> · моль <sup>-1</sup> · л	$T_3$ , К	$\tau$ , мин	$C_0$ , моль/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr$	574,5	0,0856	497,2	0,00036	483,2	60	0,09
2	$H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr$	550,7	0,0159	524,6	0,0026	568,2	10	0,1

### Задание 2. Электрическая проводимость. Равновесие в растворах электролитов

**Задача 1.** На основании приведенных в табл. 3 данных о свойствах раствора вещества  $A$  в воде выполните следующие задания:

1. Постройте график зависимости удельной и эквивалентной электропроводности от разведения  $V$ .
2. Проверьте, подчиняется ли раствор вещества  $A$  в воде закону разведения Оствальда.
3. Если раствор вещества является раствором слабой кислоты или слабого основания, определите, при какой концентрации степень диссоциации вещества в растворе равна 0,1 и чему равно рН заданного раствора?
4. Если раствор является сильной кислотой или основанием, вычислите для него рН при  $C = 0,1$  кмоль/м<sup>3</sup> с учетом ионной силы раствора.
5. Для сильного электролита на основании зависимости эквивалентной электропроводности от  $\sqrt{C}$ , которая дается уравнением Кольрауша  $\lambda = \lambda_0 - A\sqrt{C}$ , рассчитайте эквивалентную электропроводность при бесконечном разведении и постоянную уравнения графическим методом.

Таблица 3

Вариант	Раствор электролита	$\lambda_+$	$\lambda_-$	Параметры	Зависимость удельного сопротивления электролита $\rho$ , Ом·м от концентрации $C$ , кмоль/м <sup>3</sup> , при заданной температуре, $T = 298$ К						
		Ом <sup>-1</sup>	Ом <sup>-1</sup>		М <sup>2</sup> /кЭКВ	7	8	9	10	11	12
1	HF	35,0	5,4	$C$ $\rho$	0,1 3,53	0,05 4,40	0,03 6,36	0,01 11,7	0,005 16,22	0,003 21,90	0,001 45,10

**Задача 2.** Молярную электропроводность вещества  $A$  (табл.4) при бесконечном разбавлении ( $\mu_0$ ) вычислите по закону Кольрауша, используя эквивалентные электропроводности при бесконечном разведении для следующих солей (табл. 5):

Таблица 4

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
Вещество А	AgCl	AgIO <sub>3</sub>	BaSO <sub>4</sub>	TlBr	PbSO <sub>4</sub>	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	CaF <sub>2</sub>

Таблица 5

Соль	$\lambda^\infty$	Соль	$\lambda^\infty$
AgCNS	11,01	La <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	76,5
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24,36	MgBr <sub>2</sub>	22,5
BaCl <sub>2</sub>	24,1	Mg(BrO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	18,8
CaCl <sub>2</sub>	23,3	MgCl <sub>2</sub>	22,1
LaCl <sub>3</sub>	37,41	Mg(CNS) <sub>2</sub>	20,32
La(CNS) <sub>3</sub>	34,74	MgF <sub>2</sub>	18,32
La(IO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	27,93	MgI <sub>2</sub>	22,3
MgSO <sub>4</sub>	22,66	CrCl <sub>2</sub>	23,3
PbCl <sub>2</sub>	25,2	TlNO <sub>3</sub>	12,82
PbC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	24,7	Tl <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	26,86
Pb(CNS) <sub>2</sub>	23,42		

**Задача 3.** Удельное сопротивление насыщенного раствора малорастворимой соли  $A$  при температуре  $T = 291$  К равно  $\rho$  (табл. 6). Удельное сопротивление воды при той же температуре  $\rho_{H_2O}$ , Ом·м.

Вычислите: 1) растворимость соли  $A$  в чистой воде; 2) произведение растворимости  $A$ , приняв, что коэффициенты активности ионов  $\gamma_{\pm} = 1$  (растворы сильно разбавлены); 3) растворимость вещества  $A$  в растворе, содержащем 0,01 кмоль/м<sup>3</sup> вещества  $B$ . Принять, что вещества  $A$  и  $B$  полностью диссоциированы. Удельные сопротивления растворов вещества  $A$  при температуре  $T = 291$  К представлены в табл.6.

Удельное сопротивление воды, перегнанной в присутствии воздуха, при 291 К равно  $1,21 \cdot 10^4$  Ом·м, а при 298 К –  $1 \cdot 10^4$  Ом·м.

Таблица 6

Вариант	Вещество А	$\rho \cdot 10^{-4}$ , Ом·м	Вещество В	Вариант	Вещество А	$\rho \cdot 10^{-4}$ , Ом·м	Вещество В
1	SrC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,0185	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	11	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,104	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>

### Задание 3. Электродвижущие силы. Электродные потенциалы

**Задача 1.** Для концентрационного элемента, составленного из металла  $A$  в растворах электролита  $B$  с концентрациями  $m_1$  и  $m_2$  (моль/1000 г), рассчитайте ЭДС при 298 К (табл. 7). Активность вычислите по среднему коэффициенту активности, взятому из табл.3 приложения, или (для разбавленных растворов) по ионной силе. Для элемента, составленного из водородного электрода в растворе электролита  $C$  с концентрацией  $m_3$  и каломельного полуэлемента с концентрацией КС1  $m_4$ , вычислите ЭДС и pH раствора, содержащего электролит  $C$ . Диффузионную ЭДС не учитывать. При 298 К стандартный потенциал каломельного электрода ( $a_{Cl^-} = 1$ ) равен 0,268 В, а ионное произведение воды  $1,008 \cdot 10^{-14}$ . Константы диссоциации слабых электролитов найдите в справочнике [3].

Таблица 7

Ва риант	Вещество		$m_1$	$m_2$	$C$	$m_3$	$m_4$	$P_{H_2}$ , атм
	$A$	$B$						
1	Co	CO(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,1	0,5	NH <sub>4</sub> OH	0,4	0,25	0,50

**Задача 2.** Для окислительно-восстановительного элемента (табл.8) типа



по стандартным электродным потенциалам полуэлементов напишите уравнение и вычислите константу равновесия реакции окисления-восстановления. Вычислите ЭДС элемента ( $T = 298$  К). Укажите, можно ли практически изменить направление реакции за счет изменения концентраций компонентов. Примите  $a_{H_2O} = 1$ ,  $a_{H^+} = 0,2$ .

Таблица 8

Вариант	$A$	$B$	$C$	$D$	$a_A$	$a_B$	$a_C$	$a_D$
1*	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Cr <sup>2+</sup>	0,10	0,02	0,01	0,05

\*В реакции участвуют H<sup>+</sup> и H<sub>2</sub>O.

**Задача 3.** Для реакции, протекающей обратимо в гальваническом элементе, дано уравнение зависимости ЭДС от температуры (табл. 9).

При заданной температуре  $T$  вычислите электродвижущую силу элемента ( $E$ ), изменение энергии Гиббса ( $\Delta G$ ), изменение энтальпии ( $\Delta H$ ), изменение энтропии ( $\Delta S$ ), изменение энергии Гельмгольца ( $\Delta A$ ) и теплоту ( $Q$ ), выделяющуюся или поглощающуюся при этом процессе. Расчет производить для 1 кмоль реагирующего вещества.

Таблица 9

Вариант	$T$ , К	Реакция	Уравнение $E = f(T)$
1	323	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> + 2H <sup>+</sup> = C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup>	$E = 0,6990 - 7,4 \cdot 10^{-4} (T - 298)$

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

Выполнение расчетно-графического задания по дисциплине «Физическая химия» не предусмотрено учебным планом.

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

### 5.1. Реализация компетенций

**Компетенция** ОПК-1. Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
<b>ОПК-1.1</b> Анализирует и классифицирует физические и химические процессы, протекающие на объекте профессиональной деятельности.	Зачет, экзамен, , курсовая работа, выполнение и защита лабораторных работ, выполнение домашних заданий - решение задач, коллоквиумы, тестирование, собеседование.
<b>ОПК-1.2.</b> Определяет характеристики физических (химических) процессов (явлений), характерных для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования	

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

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

Обучающийся получает зачет по результатам защит лабораторных работ, коллоквиумов по лекционному материалу, выполненным домашним заданиям.

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

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

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

*Типовой вариант экзаменационного билета в 4-ом семестре*

БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. Шухова

Кафедра теоретической и прикладной химии

Дисциплина: Физическая химия

Направление: 18.05.02 – Химическая технология материалов современной энергетики

Специализация: Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергии

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ 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 300К 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

Курсовая работа по дисциплине «Физическая химия» защищается обучаемым в форме собеседования по теме работы и расчетных задач. Курсовая работа оценивается преподавателем по пятибалльной системе.

### 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  $40,6 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ .
5. Три моля идеального одноатомного газа, находящегося при  $T_1 = 350 \text{ К}$  и  $P_1 = 5 \text{ атм.}$ , обратимо и адиабатически расширяются до давления  $P_2 = 1 \text{ атм.}$  Рассчитайте конечные температуру и объем, а также совершенную работу и изменение внутренней энергии и энтальпии в этом процессе.

### Пример 2: Лабораторная работа «Изучение зависимости удельной электропроводности от концентрации электролита»

1. Назовите отличительные признаки, позволяющие отнести раствор к группе слабых электролитов или к группе сильных электролитов. Приведите примеры.
2. Сформулируйте основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса. Назовите основные причины, вызывающие диссоциацию растворенных веществ на ионы в растворе. От каких факторов зависит степень диссоциации?
3. Что означает термин «удельная электрическая проводимость»? Какова размерность этой величины? Нарисуйте схематически (с приблизительным соблюдением соотношения величин) график зависимости удельной электрической проводимости от концентрации (в широком диапазоне концентрации) для водных растворов HCl, KCl и уксусной кислоты. Объясните вид представленной зависимости в области малых, средних и высоких концентраций.

4. Какими причинами вызвано уменьшение подвижности ионов с ростом концентрации раствора при постоянной температуре? Какие эффекты используются для его описания и в чем они заключаются?

5. Как изменяется электрическая проводимость растворов электролитов с ростом температуры? Запишите соответствующее математическое выражение. Укажите главную причину такого изменения проводимости.

6. Что означают термины «проводник I рода» и «проводник II рода»?

7. Как изменяется удельная электропроводность водного раствора слабого электролита с ростом концентрации раствора? Приведите соответствующие уравнения. Объясните эту зависимость.

8. Можно ли при определении электропроводности пользоваться постоянным током? Ответ поясните.

9. Играет ли роль количество жидкости, взятой для определения электропроводности? Что будет происходить, если электроды не полностью погружены в жидкость?

10. Запишите выражение, соответствующее закону разведения Оствальда (в терминах электрической проводимости) для слабого электролита, молекулы которого диссоциируют в разбавленном водном растворе на два иона. Назовите величины, входящие в это уравнение, и укажите, от каких факторов зависят их значения.

### Задачи для домашнего решения

1. Сопротивление раствора  $KNO_3$  с концентрацией 0,01 моль/л, измеренное в сосуде с электродами, емкостное сопротивление которых  $0,5 \text{ см}^{-1}$  (постоянная ячейки), равно 423 Ом. Определить величину удельной и эквивалентной электропроводности, если подвижности ионов соответственно равны:  $64,5(K^+)$  и  $61,6 \text{ См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{эquiv}^{-1}(NO_3^-)$ .

*Ответ:*  $0,001182 \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$ ;  $118,2 \text{ См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{эquiv}^{-1}$ .

2. Рассчитайте электрическую проводимость раствора  $AgNO_3$  с концентрацией 1 моль/л при 291 К, если расстояние между электродами 5 см, площадь каждого электрода  $2 \text{ см}^2$ . Эквивалентная электропроводность этого раствора  $\lambda = 94,3 \text{ См} \cdot \text{см}^2 / \text{моль} \cdot \text{эquiv}$ .

*Ответ:*  $0,0377 \text{ См}$ .

3. При  $18^\circ\text{C}$  удельная электропроводность 10%-ного раствора хлорида стронция равна  $886 \cdot 10^{-4} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$ , а плотность раствора  $\rho = 1,0925 \text{ г/см}^3$ . Определить эквивалентную электропроводность данного раствора.

*Ответ:*  $35,44 \text{ См} \cdot \text{см}^2 / \text{моль} \cdot \text{эquiv}$ .

4. Эквивалентная электропроводность раствора гидроксида этиламмония  $C_2H_5NH_3OH$  при бесконечном разведении равна  $232,6 \text{ См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$ . Рассчитайте константу диссоциации гидроксида этиламмония, эквивалентную электропроводность раствора, степень диссоциации и концентрацию ионов гидроксила в растворе при разведении  $16 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1}$ , если удельная электропроводность раствора при данном разведении составляет  $1,312 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ .

*Ответ:*  $K = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ ;  $\alpha = 0,09$ ;  $C_{OH^-} = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ .

5. На основании данных о зависимости эквивалентной электрической проводимости ( $\lambda$ ) от концентрации раствора иодата калия  $KIO_3$  при  $25^\circ\text{C}$

$C, \text{ г-эquiv/л} \cdot 10^5$	18,265	70,430	171,17	328,59	391,18
$\lambda, \text{ См} \cdot \text{см}^2 / \text{г-эquiv}$	113,07	111,91	110,55	109,19	108,78

Определите графически константы уравнения Кольрауша  $\lambda = f(C)$ . Каков их физический смысл? Рассчитайте предельную электрическую проводимость ионов  $IO_3^-$ , если предельная электропроводность иона  $K^+$  равна  $73,5 \cdot 10^{-4} \text{ См} \cdot \text{м}^2 / \text{моль} \cdot \text{эquiv}$ .

**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 тепловых эффектов реакций; для определения состава сосуществующих	Не 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	Умеет использовать термодинамические справочные данные для определения направления химических реакций, тепловых эффектов реакций, но не умеет использовать результаты физико-химического эксперимента для объяснения физико-химических характеристик реакции.	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	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.	фаз в двухкомпонентных системах.		фаз в двухкомпонентных системах, но допускает ошибки в расчетах.	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 закономерностей протекания физико-химических процессов	Не умеет применять различные методики установления кинетических закономерностей протекания физико-химических	Умеет применять одну методику установления кинетических закономерностей протекания физико-химических процессов	Умеет применять в неполном объеме несколько методик установления кинетических закономерностей протекания физико-химических процессов	Умеет применять в полном объеме различные методики установления кинетических закономерностей протекания физико-химических

	процессов			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 приборах и практическими навыками самостоятельного проведения	Не владеет методами работы на основных физико-химических приборах и практическими навыками самостоятельного проведения	Владеет методами работы на основных физико-химических приборах и практическими навыками самостоятельного проведения	Владеет методами работы на основных физико-химических приборах и практическими навыками самостоятельного проведения	Владеет методами работы на основных физико-химических приборах и практическими навыками самостоятельного проведения

химического эксперимента.	проведения химического эксперимента	химического эксперимента не в полном объеме	химического эксперимента, но допускает неточности	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