

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**Направление подготовки 04.03.01 Химия**

**Направленность Химия**

Квалификация выпускника: бакалавр

Кострома  
2023

Рабочая программа дисциплины «Физическая химия» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 04.03.01 Химия, утвержденному приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 17 июля 2017 г. № 671.

Разработал: Кусманов Сергей Александрович, директор института физико-математических и естественных наук, д- техн. наук, доцент;

Тамбовский Иван Владимирович, доцент кафедры химии, канд. техн. наук

Рецензент: Хитрова Валентина Ивановна, заместитель директора ФГБУ государственная станция агрохимической службы «Костромская»,  
руководитель испытательной лаборатории, канд. с.-х. наук

**ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:**

На заседании кафедры химии:

Протокол заседания кафедры № 8 от 07.04.2023 г.

Заведующий кафедрой химии Кусманова Ирина Александровна, канд.пед.наук, доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Физическая химия является теоретической основой всех химических дисциплин, вооружает будущего специалиста знаниями о возможностях физико-химических методов исследования различных химических систем, способствует формированию научного мышления. Знание законов физической химии позволяет глубже понять явления природы, принципы современных химико-технологических производств.

*Цель дисциплины:* сформировать способность применять законы физической химии, видеть области применения этих законов, четко понимать их принципиальные возможности при решении профессиональных задач.

*Задачи дисциплины:*

1. сформировать представление о предмете изучения физической химии, проблемах исследования, связи с другими науками;
2. раскрыть содержание основных понятий и законов физической химии;
3. показать возможность применения теоретических основ физической химии для объяснения основных закономерностей, определяющих направленность химических процессов, скорость их протекания, влияние на них среды, примесей, излучения и т.п., условия получения максимального выхода необходимых продуктов;
4. раскрыть сущность основных методов физико-химических измерений;
5. сформировать навыки научно-исследовательской и научно-инновационной деятельности.

Направление воспитания, связанные с содержанием дисциплины: профессионально-трудовое, экологическое и научно-образовательное воспитание обучающихся посредством содержания дисциплины и актуальных воспитательных технологий.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен освоить *компетенции*:

**ОПК-1:** способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений

**ОПК-1.1.** Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов

**ОПК-1.2.** Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии

**ОПК-1.3.** Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности

**ОПК-2:** способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием

**ОПК-2.1.** Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности

**ОПК-2.2.** Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе

**ОПК-2.3.** Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования

**ОПК-6:** способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе

**ОПК-6.1.** Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке

**ОПК-6.2.** Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры

**ОПК-6.3.** Представляет результаты работы в виде тезисов доклада в соответствии с нормами и правилами, принятыми в химическом сообществе

**ОПК-6.4.** Готовит презентацию по теме работы и представляет

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:*

- основы химической термодинамики, теории растворов и фазовых равновесий, электрохимии, химической кинетики и катализа;
- технику безопасности работы в лаборатории;
- экспериментальные методы определения термодинамических и кинетических характеристик химических реакций, физических констант химических реакций, физических свойств веществ;
- правила работы на современной аппаратуре при определении термодинамических и кинетических характеристик химических реакций, физических констант химических реакций, физических свойств веществ;
- правила составления отчетов по полученным результатам.

*уметь:*

- определять термодинамические и кинетические характеристики химических реакций, физические константы химических реакций, физические свойства веществ;
- работать на лабораторном оборудовании;
- реализовать нормы техники безопасности в лабораторных условиях;
- определять термодинамические и кинетические характеристики химических реакций, физические константы химических реакций, физические свойства веществ по предлагаемым методикам;
- использовать современную аппаратуру для определения термодинамических и кинетических характеристик химических реакций, физических констант химических реакций, физических свойств веществ;
- применять основные понятия физической химии при решении профессиональных задач;
- определять термодинамические и кинетические характеристики химических реакций, физические константы химических реакций, физические свойства веществ с использованием основных законов физики и химии;
- составлять отчеты по результатам выполнения экспериментальных работ;
- использовать основные законы физической химии при решении конкретных производственных задач;
- использовать основные законы физической химии при расчетах основных технических показателей технологического процесса;
- использовать основные законы физической химии при анализе причины нарушений параметров технологического процесса и формулировать рекомендации по их предупреждению и устранению.

*владеть:*

- навыками выявления закономерностей протекания химических процессов;
- навыками экспериментального определения термодинамических и кинетических характеристик химических реакций, физических констант химических реакций, физических свойств веществ;

- навыками работы с лабораторным оборудованием при проведении химических экспериментов с учетом норм техники безопасности;
- навыками работы с химическими веществами и оборудованием для химического эксперимента по предлагаемым методикам;
- базовыми навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов;
- системой фундаментальных понятий в области физической химии;
- навыками выявления закономерностей протекания химических процессов с использованием основных законов физики и химии;
- навыками представления полученных результатов в виде отчетов лабораторных работ;
- навыками использования основных понятий физической химии при определении закономерностей химико-технологических процессов;
- навыками использования основных понятий физической химии при расчетах основных технических показателей технологического процесса;
- навыками использования основных понятий физической химии и анализировать причины нарушений параметров технологического процесса и формулировать рекомендации по их предупреждению и устранению.

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Физическая химия» относится к обязательной части учебного плана. Изучается в 5, 6, 7 семестрах обучения.

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах и практиках: «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Синтез неорганических соединений», при прохождении ознакомительной практике; «Основы химического эксперимента».

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин и практики: «Органическая химия», «Коллоидная химия», «Физико-химические методы анализа», «Высокомолекулярные соединения», «Синтез органических соединений», «Основы биохимии», при подготовке к сдаче и при сдаче государственного экзамена; при подготовке к процедуре защиты и во время процедуры защиты выпускной квалификационной работы.

Дисциплины и иные компоненты ОП, формирующие указанные выше компетенции:

- ОПК-1 (способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений) формируется при освоении дисциплин: «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физико-химические методы анализа», «Высокомолекулярные соединения», «Синтез неорганических соединений», «Синтез органических соединений», «Основы биохимии»; при прохождении ознакомительной практики; при подготовке к сдаче и при сдаче государственного экзамена; при подготовке к процедуре защиты и во время процедуры защиты выпускной квалификационной работы.

- ОПК-2 (способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием) формируется при освоении дисциплин: «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физико-химические методы анализа», «Высокомолекулярные соединения», «Синтез неорганических соединений», «Синтез органических соединений», «Основы химического эксперимента»; при прохождении ознакомительной практики; при подготовке к сдаче и при сдаче государственного экзамена; при подготовке к процедуре защиты и во время процедуры защиты выпускной

квалификационной работы.

- ОПК-6 (способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе) формируется при освоении дисциплин: «Аналитическая химия», «Физическая химия»; при подготовке к процедуре защиты и во время процедуры защиты выпускной квалификационной работы.

#### 4. Объем дисциплины (модуля)

##### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	18
Общая трудоемкость в часах	648
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	410
Лекции	148
Практические занятия	82
Лабораторные занятия	180
Самостоятельная работа в часах	230,3
Форма промежуточной аттестации	Экзамен в 5 и 6 семестрах (07, часа), консультации к экзаменам (4 часа), курсовая работа в 7 семестре (3 часа)

##### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	148
Практические занятия	82
Лабораторные занятия	180
Консультации	4
Зачет/зачеты	-
Экзамен/экзамены	0,7
Курсовые работы	3
Курсовые проекты	-
Всего	417,7

#### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

##### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Введение	0,11/4	2	-	-	2
2	Основы химической термодинамики	2,39/86	26	16	22	22
3	Фазовые равновесия и растворы	4,5/162	40	18	62	42
4	Электрохимия	3,56/128	36	20	44	28
5	Химическая кинетика и катализ	4,23/152,3	44	28	52	28,3
	Экзамен	2/72	-	-	-	72
	Курсовая работа	1/36	-	-	-	36
	ИКР (консультации к экзаменам, экзамены,	0,214/7,7	-	-	-	-

курсовая работа)						
Итого:	18/648	148	82	180	230,3	

## 5.2. Содержание:

### РАЗДЕЛ 1: ВВЕДЕНИЕ

Предмет и составные части физической химии. Основные этапы развития физической химии как современной теоретической основы химии. Связь с другими дисциплинами. Роль физической химии в создании промышленных химических производств. Методы физико-химического исследования.

### РАЗДЕЛ 2: ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

**Предмет и задачи химической термодинамики.** Термодинамика как наука. Законы термодинамики. Задачи и объекты исследования химической термодинамики.

**Основные понятия химической термодинамики.** Система и окружающая среда. Открытые, закрытые и изолированные системы. Гомогенные и гетерогенные системы. Фаза. Состояние системы и функции состояния. Термодинамическое равновесие системы. Параметры состояния и термодинамические свойства систем. Интенсивные и экстенсивные свойства. Термодинамический процесс, цикл.

**Уравнения состояния.** Уравнение состояния идеального газа, Ван-дер-Ваальса. Теорема о соответственных состояниях. Вириальные уравнения состояния. Уравнения состояния для жидкостей и твердых тел.

**Первый закон термодинамики.** Внутренняя энергия системы. Теплота и работы различного рода. Формулировки первого начала термодинамики, примеры использования в природе и химических процессах. Работа расширения идеального газа для различных процессов. Два частных случая применения первого закона термодинамики. Энтальпия.

**Термохимия.** Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Теплота образования и сгорания. Приближенные методы расчета теплот образования и сгорания. Примеры использования закона Гесса: определение теплот растворения солей, ионных реакций, гидратации, диссоциации слабого электролита, фазовых переходов.

**Теплоемкость.** Истинная и средняя, молярная и удельная, изобарная и изохорная теплоемкости системы. Их взаимосвязь. Зависимость теплоемкости от температуры. Теплоемкость газов и твердых тел. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгоффа.

**Второй закон термодинамики.** Понятие обратимого и необратимого, равновесного, самопроизвольного и несамопроизвольного процессов. Формулировки второго начала термодинамики. Обоснование второго начала термодинамики. Цикл Карно. Теорема Карно – Клаузиуса. Энтропия. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Изменение энтропии изолированных процессов и направление процесса. Изменение энтропии при различных процессах. Статистический смысл энтропии. Расчет абсолютной энтропии химических соединений. Третий закон термодинамики. Постулат Планка.

**Термодинамические потенциалы.** Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца и их свойства. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов. Характеристические функции. Уравнение Гиббса – Гельмгольца.

**Химический потенциал.** Химический потенциал идеального и неидеального газов. Фугитивность. Активность и коэффициент активности.

**Химическое равновесие.** Понятие химического равновесия, признаки. Общее условие химического равновесия. Закон действующих масс, его термодинамический вывод. Константа химического равновесия. Химическое равновесие в гетерогенных системах. Уравнение изотермы химической реакции. Изменение энергии Гиббса при химической реакции. Расчеты выхода продуктов химических реакций различных типов по известной константе равновесия. Зависимость констант равновесия от температуры и

давления. Уравнения изобары и изохоры реакции, их термодинамический вывод и анализ. Принцип смещения равновесия. Уравнение Темкина – Шварцмана для расчета константы равновесия при заданной температуре.

### **РАЗДЕЛ 3: ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И РАСТВОРЫ**

**Термодинамическая теория фазовых равновесий.** Основные понятия и определения: фаза, компонент, степень свободы. Вывод условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния.

**Фазовые равновесия в однокомпонентных системах.** Применение правила фаз Гиббса к однокомпонентным системам. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Давление насыщенного пара. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Диаграмма состояния воды. Энантиотропные и монокотропные фазовые переходы.

**Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах.** Применение правила фаз Гиббса к двухкомпонентным системам. Равновесие кристаллическая фаза – жидкость в двухкомпонентных системах, диаграммы плавкости. Термический анализ. Правило рычага. Равновесие жидкость – жидкость в двухкомпонентных системах. Расслаивание в двухкомпонентных системах, диаграммы расслоения.

**Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах.** Применение правила фаз Гиббса к трехкомпонентным системам. Треугольник Гиббса – Розебума. Равновесие кристаллическая фаза – жидкость в трехкомпонентных системах, диаграммы растворимости в воде двух солей с одноименными ионами, диаграммы плавкости. Равновесие жидкость – жидкость в трехкомпонентных системах, диаграммы расслоения.

**Общая характеристика растворов.** Классификация растворов. Различные способы выражения состава раствора. Взаимодействие между частицами в растворе, сольватация. Основные направления в развитии теории растворов.

**Термодинамическая теория растворов.** Условия образования растворов. Парциальные молярные величины и их определение. Уравнение Гиббса – Дюгема. Термодинамическая классификация растворов: идеальные, предельно разбавленные и неидеальные растворы.

**Равновесные свойства растворов.** Зависимость равновесных свойств растворов от химического потенциала и других парциальных молярных величин. Давление насыщенного пара жидких растворов. Закон Рауля. Температуры кипения и замерзания. Эбуллиоскопия и криоскопия. Осмотическое давление, уравнение Вант-Гоффа. Растворимость газов, закон Генри. Растворимость твердых веществ, уравнение Шредера. Распределение растворяемого вещества между двумя несмешивающимися растворителями, экстракция. Коэффициенты активности и их определение по парциальным давлениям компонентов. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонентов в жидких и твердых растворах.

**Термодинамика жидких летучих смесей.** Закономерности общего давления пара летучих смесей, уравнение Дюгема – Маргулеса. Законы Коновалова. Диаграммы кипения двухкомпонентных жидких систем. Равновесные составы пара и жидкости, законы Вревского. Разделение веществ путем перегонки. Азеотропные смеси и их свойства.

### **РАЗДЕЛ 4: ЭЛЕКТРОХИМИЯ**

**Введение в электрохимию.** Химический и электрохимический способы осуществления окислительно-восстановительных реакций. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Определение теоретической электрохимии, ее разделы и связь с задачами прикладной электрохимии. Понятие электрохимического потенциала.

**Равновесия в растворах электролитов.** Становление и развитие теории растворов электролитов (Т. Гротгус, М. Фарадей, С. Аррениус, И.А. Каблуков). Основные положения теории Аррениуса. Ионные равновесия в растворах электролитов. Недостатки классической теории электролитической диссоциации. Механизмы образования растворов электролитов. Соотношение между энергией кристаллической решетки и энергией сольватации ионов в рамках модели Борна. Ион–дипольное взаимодействие как основное

условие устойчивости растворов электролитов. Электростатическая теория сильных электролитов Дебая – Хюккеля. Основные допущения теории. Потенциал ионной атмосферы. Уравнения для коэффициента активности в первом, втором и третьем приближении теории Дебая – Хюккеля. Современные представления о растворах электролитов.

**Неравновесные явления в растворах электролитов.** Удельная и эквивалентная электропроводность. Подвижности ионов и закон Кольрауша. Числа переноса и методы их определения. Физические основы теории Дебая – Гюккеля – Онзагера. Электрофоретический и релаксационный эффекты; эффекты Вина и Дебая – Фалькенгагена. Зависимость подвижности ионов от их природы, от природы растворителя, от температуры и концентрации раствора. Механизм электропроводности водных растворов кислот и щелочей. Особенности электропроводности неводных растворов. Электропроводность растворов, содержащих сольватированные электроны. Кондуктометрия.

**Основы термодинамики гетерогенных электрохимических систем.** Электрохимический потенциал. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы. Гальвани-потенциал. Вольта-потенциал. Электрохимическое равновесие на границе раздела фаз. Равновесие в электрохимической цепи. Электродвижущая сила (ЭДС) и ее связь со свободной энергией Гиббса. Уравнения Нернста и Гиббса – Гельмгольца для равновесной электрохимической цепи. Понятие электродного потенциала. Стандартный электродный потенциал. Реальный потенциал. Стандартный водородный электрод. Классификация электродов. Классификация электрохимических цепей. Химические и концентрационные цепи. Цепи с переносом и без переноса. Метод ЭДС при определении коэффициентов активности, чисел переноса, произведений растворимости и констант равновесия ионных реакций. Потенциометрия.

**Двойной электрический слой и явления адсорбции на межфазных границах.** Образование двойного электрического слоя. Адсорбционный метод изучения двойного электрического слоя. Электрокапиллярные явления. Основное уравнение электрокапиллярности. Уравнение Липпмана. Емкость двойного электрического слоя; причины ее зависимости от потенциала электрода. Потенциалы нулевого заряда и механизм возникновения ЭДС электрохимической цепи. Модельные представления о структуре двойного электрического слоя.

## **РАЗДЕЛ 5: ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ**

**Основные понятия химической кинетики.** Скорость реакций в закрытых и открытых системах. Факторы, влияющие на скорость реакции. Методы измерения скорости реакции. Закон действующих масс. Константа скорости реакции. Молекулярность и порядок реакции. Прямая и обратная задачи химической кинетики. Принцип независимости протекания реакций.

**Формальная кинетика элементарных и формально простых гомогенных реакций.** Кинетика необратимых реакций первого, второго и n-го порядков в закрытых системах. Период полураспада. Методы определения порядка реакции и константы скорости реакции для элементарных и формально простых реакций в закрытых системах. Зависимость скорости реакции от температуры. Определение энергии активации.

**Формальная кинетика сложных реакций.** Особенности кинетики сложных реакций. Кинетика обратимых, параллельных и последовательных реакций в закрытых системах. Кинетика сложных реакций в открытых системах. Кинетика сопряженных и автокаталитических реакций.

**Теоретические представления химической кинетики.** Элементарный химический акт. Теория активных столкновений. Теория активированного комплекса. Свойства активированного комплекса. Основное уравнение теории активированного комплекса и его вывод. Статистический расчет константы скорости. Основные допущения теории активированного комплекса и область его применимости. Термодинамический аспект теории активированного комплекса.

**Определение катализа.** Общие принципы катализа. Свойства катализаторов. Понятие ингибитора, промотора. Роль катализа в химии. Основные промышленные каталитические процессы. Каталитическая активность и селективность. Особенности кинетики каталитических процессов. Энергия активации каталитических реакций. Взаимодействие реагентов с катализатором и принципы каталитического действия. Кислотно-основной катализ. Окислительно-восстановительный катализ. Ферментативный катализ. Катализ комплексными соединениями переходных металлов. Автокатализ. Периодические каталитические реакции.

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	Введение	Проработка лекционного материала	2	Обзор и анализ литературы [1]	Устный опрос
2.	Основы химической термодинамики	Проработка лекционного материала	7	Обзор и анализ литературы [1]	Устный опрос
		Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета по ним	5	Подготовка к лабораторным работам 1-6 [2, гл. 2, 3], оформление отчета по лабораторным работам 1-6 [2, гл. 2, 3]	Защита лабораторной работы
		Решение задач	10	Решение задач [1, С. 312-320, задачи 1-47, 1-20]	Контрольная работа
3.	Фазовые равновесия и растворы	Проработка лекционного материала	33	Обзор и анализ литературы [1]	Устный опрос
		Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета по ним	9	Подготовка к лабораторным работам 7-15 [2, гл. 4-5], оформление отчета по лабораторным работам 7-15 [2, гл. 4-5]	Защита лабораторной работы
4.	Электрохимия	Проработка лекционного материала	14	Обзор и анализ литературы [1]	Устный опрос
		Подготовка к	8	Подготовка к	Защита

		лабораторным работам и оформление отчета по ним		лабораторным работам 16-22 [2, гл. 6-7], оформление отчета по лабораторным работам 16-22 [2, гл. 6-7]	лабораторной работы
		Решение задач	6	Решение задач [1, С. 325-329, задачи 1-18, 1-16]	Контрольная работа
5.	Химическая кинетика и катализ	Проработка лекционного материала	18,3	Обзор и анализ литературы [1]	Устный опрос
		Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета по ним	10	Подготовка к лабораторным работам 23-30 [2, гл. 8], оформление отчета по лабораторным работам 23-30 [2, гл. 8]	Защита лабораторной работы
	Подготовка к экзамену (контроль по плану)		72		Экзамен
	Подготовка курсовой работы		36		Защита курсовой работы

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий (при наличии)

*Решение задач по физической химии на тему:*

1. «Основные законы идеальных газов», «Реальные газы», «Идеальные газовые смеси».
2. «Теплоемкость веществ», «Первый закон термодинамики».
3. «Закон Гесса», «Закон Кирхгофа».
4. «Расчет изменения энтропии», «Постулат Планка. Абсолютные значения энтропии».
5. «Термодинамические потенциалы»
6. «Константа химического равновесия», «Влияние температуры на химическое равновесие», «Влияние давления на химическое равновесие», «Уравнение изотермы, изобары и изохоры химической реакции».
7. «Химический потенциал идеального и неидеального газов», «Активность и коэффициент активности».
8. «Фазовые равновесия», «Правило фаз», «Равновесные состояния при фазовых переходах».
9. «Равновесные свойства растворов», «Концентрация растворов», «Растворимость веществ», «Растворимость газов в жидкостях. Законы Генри и Генри–Дальтона».
10. «Равновесие в водных растворах электролитов», «Ионное произведение воды», «Буферные растворы», «Условия образования и растворения осадков», «Гидролиз солей».
11. «Коллигативные свойства растворов», «Давление насыщенного пара

разбавленных растворов. Первый закон Рауля», «Замерзание и кипение растворов. Второй закон Рауля», «Осмотическое давление растворов. Закон Вант-Гоффа».

12. «Электрохимия», «Равновесия в растворах электролитов», «Удельная и эквивалентная электропроводность растворов», «Кондуктометрия», «Электродные потенциалы», «Термодинамика гетерогенных электрохимических систем».

13. «Химическая кинетика», «Скорость химических реакций», «Влияние различных факторов на скорость реакции», «Зависимость скорости реакции от температуры», «Формальная кинетика сложных реакций», «Катализ в химии».

### **6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий**

Лабораторные занятия проводятся по графику проведение лабораторных работ. Описание заданий по выполнению лабораторных работ из нижеуказанного перечня указано в лабораторном практикуме [2].

#### **Перечень лабораторных работ**

1. Определение теплот растворения солей.
2. Определение теплоты гидратообразования.
3. Определение теплоты нейтрализации.
4. Определение теплоты диссоциации слабого электролита.
5. Определение константы диссоциации слабой кислоты потенциометрическим методом.
6. Изучение химического равновесия гомогенной реакции в растворе.
7. Определение давления насыщенного пара легколетучей жидкости.
8. Термический анализ двухкомпонентной системы с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
9. Изучение фазового равновесия жидкость – пар в двухкомпонентной системе с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии.
10. Изучение фазового равновесия жидкость – жидкость в двухкомпонентной системе с ограниченной растворимостью компонентов.
11. Изучение взаимной растворимости в трехкомпонентной системе.
12. Определение молекулярной массы и степени диссоциации растворенных веществ эбуллиоскопическим методом.
13. Определение молекулярной массы и степени диссоциации растворенных веществ криоскопическим методом.
14. Определение поверхностного натяжения жидкостей.
15. Определение вязкости жидкостей.
16. Измерение электропроводности растворов электролитов различной концентрации, определение константы и степени диссоциации.
17. Определение температурного коэффициента электропроводности растворов электролитов.
18. Определение растворимости малорастворимой соли кондуктометрическим методом.
19. Определение потенциала окислительно-восстановительного электрода.
20. Определение термодинамических характеристик реакции, протекающей в окислительно-восстановительном элементе.
21. Измерение водородного показателя.
22. Определение рН образования и произведения растворимости гидроксида металла.
23. Изучение скорости инверсии сахарозы поляриметрическим методом.
24. Изучение скорости разложения карбамида в водных растворах кондуктометрическим методом.
25. Изучение скорости разложения комплексного иона триоксалата марганца фотометрическим методом.
26. Изучение скорости окисления иодоводородной кислоты пероксидом водорода титриметрическим методом.
27. Изучение скорости разложения пероксида водорода газометрическим методом.
28. Изучение кинетики реакции окисления иодид-ионов персульфат-ионами в кислой

- среде, катализируемой ионами железа (II) или меди (II).
29. Изучение кинетики автокаталитической реакции восстановления перманганат-иона оксалат-ионом.
  30. Определение порядка реакции окисления иодид-ионов ионами трехвалентного железа.

#### **6.4. Методические рекомендации для выполнения курсовых работ**

Курсовая работа – это самостоятельное научное исследование по дисциплине, выполняемое студентом в соответствии с учебным планом под руководством преподавателя и служащее углубленному познанию содержания дисциплины в избранной области. Курсовая работа является одной из форм отчетности студента по итогам обучения за соответствующий курс.

Основной *целью* курсовой работы является формирование и развитие умений и навыков научно-исследовательской работы, а именно: анализировать, сравнивать, сопоставлять и обобщать научные данные по теме исследования, отбирать соответствующий иллюстративный материал, адекватно его интерпретировать и описывать, используя метаязык научных исследований.

*Задачи курсовой работы:*

1. Поиск, изучение и анализ научной литературы по избранной проблеме и конкретной теме исследования.
2. Определение предмета, объекта, цели и задач исследования.
3. Выбор и описание методик и приемов анализа исследуемого материала.
4. Отбор фактического материала, его систематизация и классификация.
5. Проведение эксперимента и обобщение полученных результатов анализа.

*Общие требования к содержанию курсовой работы*

Логичность структуры работы, последовательность изложения материала. Краткость и точность формулировок, исключающие возможность субъективного и неоднозначного толкования. Четкая аргументация, убедительность и обоснованность выводов, заключений, рекомендаций и предложений. Точное соответствие цели, задач, результатов и выводов работы.

Курсовая работа пишется, как правило, по результатам собственных исследований, но возможным является обзор литературы по выбранной теме, имеющей научное, научно-практическое или прикладное значение, а также разработка методик исследования и проведения экспериментальной работы.

Стандартная курсовая работа содержит следующие разделы:

*1. Титульный лист*

*2. Оглавление*

В оглавлении приводят названия всех разделов и подразделов работы и через отточие указывают страницы, на которых они расположены. Названия разделов и подразделов должны точно соответствовать заголовкам в тексте работы.

*3. Введение*

Во введении обосновывают актуальность проведенного исследования. На основании данных литературы нужно аргументировать теоретическую и практическую значимость выбранной темы, показать состояние изученности вопроса на сегодняшний день, отметить перспективы, которые открывает изучение этой темы. Объем раздела – не более 2 страниц. Во введении определяются:

- тема исследования, ее актуальность, степень изученности в научной литературе и практическая значимость;
- предмет и объект исследования;
- цель и вытекающие из нее задачи исследовательской работы;

– материал исследования (примеры, подвергающиеся анализу).

*4. Основная часть: обзор литературы, материалы, методы и результаты исследования*

#### *4.1. Обзор литературы*

Обзор литературы представляет собой критический анализ имеющихся в отечественной и зарубежной литературе данных по теме исследования. В обзоре излагают, анализируют, сопоставляют данные, суждения, взгляды различных авторов по конкретным вопросам темы; характеризуют общее состояние изученности темы и ее отдельных вопросов.

Обзор литературы целесообразно структурировать, т.е. разделять на несколько разделов и подразделов. Каждый раздел должен иметь заглавие.

Целесообразно завершать обзор литературы (и каждый его раздел) небольшим обобщением приведенных данных, в которых была бы кратко сформулирована степень изученности вопроса, указаны основные противоречия и нерешенные вопросы, намечены приоритетные направления дальнейших исследований.

Для подготовки обзора литературы следует использовать по возможности современные источники научной информации (научные статьи, тезисы докладов, монографии и др.). В проработанной литературе студенту необходимо выделить основные вопросы, связанные с темой исследования, и излагать и анализировать только их. Недопустимо приводить в обзоре общую информацию, не имеющую прямого отношения к теме, переписывать или пересказывать целые разделы (главы) учебников, монографий, обзорных работ.

При оформлении обзора литературы следует соблюдать правила цитирования. Цитирование может быть прямым (дословная цитата) и косвенным (собственное изложение мыслей автора). Косвенное цитирование является основной формой обзора литературы. Следует предельно точно излагать мысли автора, не допуская искажений. Прямое цитирование применяют в тех случаях, когда важно предельно точно донести мысль автора. Текст прямой цитаты заключают в кавычки; допускается пропуск отдельных слов, предложений, абзацев, который обозначается многоточием. Каждая цитата (прямая и косвенная) должна сопровождаться ссылкой на источник информации.

Рекомендуемый объем раздела – 10-15 страниц.

#### *4.2. Материалы, методы и результаты исследования*

В данном разделе излагают подробные сведения об объекте исследования, объеме экспериментального материала, методике и технике эксперимента, сроках его выполнения.

Работа выиграет в целом, если в данном разделе будут приведены рисунки или фотографии приборов и установок, схема проведенного эксперимента.

В разделе «Экспериментальные результаты и их обсуждение» излагают фактический материал (данные), полученный в результате экспериментальной работы. Если в работе используются неопубликованные материалы, собранные другим лицом или часть исследования выполнена другим человеком, то в курсовой работе обязательно следует указать фамилию и инициалы исполнителя. Этот раздел обычно делят на главы, параграфы и т.п.

Результаты экспериментов должны быть изложены в строгой логической последовательности.

Экспериментальные данные рекомендуется иллюстрировать таблицами и рисунками. Следует стремиться к наибольшей компактности таблиц и другого иллюстративного материала, их общее количество должно быть минимальным. Вместе с тем, текст не должен дублировать таблицы и рисунки, к их чтению следует подходить аналитически.

Каждую таблицу или рисунок сопровождают подписью. Подпись должна быть четкой, краткой, полно и точно отражать содержание рисунка или таблицы.

В текстовой части раздела поясняют представленные данные. Анализируя таблицу или рисунок в тексте, не следует повторять их название или пересказывать содержание. Важно сформулировать основную идею таблицы или рисунка, обратить внимание на отдельные цифровые данные, несущие особенно важную смысловую нагрузку. Пояснение каждой формы иллюстрации заканчивают обобщением, из которого видно значение полученных результатов для решения поставленных в работе цели и задач.

Обсуждение результатов является совершенно необходимой частью научной работы и может составлять отдельный раздел. В случае если обсуждение результатов является отдельным разделом, в «результатах» описываются только экспериментальные данные. В «обсуждении» экспериментальные данные автора должны быть сопоставлены с данными мировой научной литературы. Такое сопоставление помогает лучше выявить новизну работы и ее актуальность. Обсуждение должно показать, почему результаты автора работы таковы, как они есть, и как они соотносятся с основной идеей работы. В данном разделе указываются характерные особенности экспериментальных данных автора и очерчиваются рамки, в которых правомерны выводы из результатов работы.

Рекомендуемый объем раздела – 10-15 страниц.

### *5. Заключение*

Заключение представляет собой краткий итог работы и должно четко отражать смысл и сущность выполненного автором исследования и полученные в результате этого исследования новые знания.

Выводы в заключении формулируют четко, кратко, лаконично. Они должны быть понятны без чтения основного текста работы. Вывод не должен быть простым повторением ранее приведенных в работе данных, а должен представлять собой обобщение. Вывод должен основываться на собственных экспериментальных данных и полностью подтверждаться ими. Вывод не может включать данные, почерпнутые из литературы.

В выводах недопустимы повторения, описание общеизвестных положений, написание ничего не значащих общих фраз, ссылки на других авторов, полемика.

Выводов работы не должно быть слишком мало (1-2) или слишком много (10-20). Выводы дают в виде отдельных абзацев, которые нумеруют арабскими цифрами.

В работах, имеющих практическое значение, после выводов важно дать практические рекомендации, которые значительно повышают ценность работы.

### *Примечание:*

Если курсовая работа носит характер литературного обзора, то вместо выводов пишут заключение, в котором излагают общее состояние изученности темы научно-исследовательской работы, указывают основные противоречия, нерешенные вопросы, перспективные направления исследования, формулируют предполагаемую цель экспериментального исследования, обосновывают ее актуальность.

### *6. Список использованных источников*

В раздел «Список использованных источников» вносят библиографическое описание литературных источников, использованных автором при написании работы. При этом малый объем списка может свидетельствовать о слабой теоретической проработке по теме исследования. С другой стороны, слишком обширный список литературы в ущерб собственным результатам и их обсуждению тоже не оправдан.

В списке источников должны быть представлены все работы, на которые есть ссылки в тексте. В тексте работы должны быть ссылки на все источники, указанные в списке.

Нумерация источников идет по мере упоминания в тексте.

### *7. Приложения*

В приложения следует включать вспомогательный материал, необходимый для полноты восприятия работы: таблицы вспомогательных цифровых данных,

промежуточные формулы и расчеты, сложные алгоритмы обработки данных, вспомогательные иллюстрации и т. п.

Каждое приложение начинают с нового листа с указанием наверху посередине странице слова «Приложение». Приложение должно иметь номер и заголовок. Приложение обозначается прописными буквами русского алфавита, начиная с А.

*Рекомендуемый объем* курсовой работы: 20–40 страниц машинописного текста, считая список использованных источников.

### ***Защита курсовой работы***

Защита курсовой работы является обязательной и проводится в день проведения текущего контроля успеваемости по курсовой работе. Для выработки у студентов устойчивых коммуникативных и речевых компетенций рекомендуется за неделю до защиты проводить предзащиту.

Защита курсовой работы проходит публично. Студент, защищающий курсовую работу, должен сделать сообщение о проделанной работе продолжительностью 5-10 минут. В сообщении излагаются основные результаты проведенных исследований.

При изложении материала студент должен продемонстрировать:

- умение кратко, четко и технически грамотно излагать содержание исследования;
- умение обосновать цель, задачи, выводы исследований,
- владение теоретическим материалом по предмету курсовой работы;
- хорошее владение понятийным аппаратом и четко ориентироваться в своем материале.

После сообщения студент отвечает на вопросы преподавателя и присутствующих, касающиеся темы курсовой работы.

## **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### *а) основная:*

1. **Кудряшева, Надежда Степановна.** Физическая химия : учеб. для бакалавров / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева ; Сибирский федеральный ун-т. - М. : Юрайт, 2012. - 340, [1] с. - (Бакалавр. Базовый курс). - Библиогр.: с. 334-335. - ISBN 978-5-9916-2032-1 : 348.48.
2. **Кусманов, Сергей Александрович.** Физическая химия : практикум / С. А. Кусманов ; М-во образования и науки РФ, Костром. гос. ун-т им. Н. А. Некрасова. - Кострома : КГУ, 2012. - 229, [1] с. - Библиогр.: с. 228-229. - ISBN 978-5-7591-1232-7 : 87.00.
3. **Макаров, А.Г.** Теоретические и практические основы физической химии : учебное пособие / А.Г. Макаров, М.О. Сагида, Д.А. Раздобреев ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2015. - 172 с. : табл., ил., граф. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1245-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364840>

### *б) дополнительная:*

4. **Бажин Н. М.** Начала физической химии: Учебное пособие / Н.М. Бажин, В.Н. Пармон. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 332 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-009055-9 **znanium.kom**
5. **Кусманов, Сергей Александрович.** Физическая химия [Электронный ресурс] : Практикум / С. А. Кусманов ; М-во образования и науки РФ, Костром. гос. ун-т им. Н. А. Некрасова. - Электрон. текстовые дан. - Кострома, 2012. - 230 с. - Библиогр.: с. 228-229. - ISBN 978--5-7591-1232-7 : Б. ц.
6. Краткий справочник физико-химических величин/ Под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой. – Л.: Химия, 1999. – 232 с.

7. **Романенко, Е.С.** Физическая химия : учебное пособие / Е.С. Романенко, Н.Н. Францева ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ставропольский государственный аграрный университет, Министерство сельского хозяйства РФ. - Ставрополь : Агрус, 2012. - 88 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277422>
8. Стромберг А. Г., Семченко Д. П. Физическая химия: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений по хим. спец.; Под ред. А. Г. Стромберга. – М.: Высш. шк., 2003. – 527 с.

#### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Электронно-библиотечные системы:

- ЭБС Университетская библиотека онлайн, путь доступа <http://biblioclub.ru>;
- ЭБС «Znanium», путь доступа <http://znanium.com/>.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- Web of Science, путь доступа: <http://webofscience.com>;
- Scopus, путь доступа: <https://www.scopus.com>;
- РИНЦ, путь доступа: <https://elibrary.ru>;
- СПС КонсультантПлюс;
- ФГБУ «Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина»;
- Аннотированная библиографическая база данных журнальных статей МАРС.

#### 9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Аудитория для занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мультимедийный проектор; рабочее место преподавателя, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КГУ; экран переносной; доска меловая; учебно-наглядные пособия, обеспечивающие наглядные иллюстрации; наборы демонстрационного оборудования	Windows XP по лицензии OEM Software (поставщик ООО «Системный интегратор», договор № 22 ГК от 16.12.2016 г.); Свободно распространяемое программное обеспечение: LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+)
Аудитория для занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций,	Специализированная мебель; рабочее место преподавателя; мультимедийный проектор; экран; ноутбук; доска меловая; учебно-наглядные пособия, обеспечивающие наглядные иллюстрации; наборы демонстрационного оборудования	Windows Pro 8.1 (поставщик ООО Софт-лайт Проекты, договор №50155/ЯР4393 от 12.12.2014 г.); Свободно распространяемое программное обеспечение: LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+)

текущего контроля и промежуточной аттестации		
Аудитория для занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; рабочее место преподавателя; доска меловая	Специальное лицензионное программное обеспечение не используется
Лаборатория (лаборатория неорганической химии), помещение для хранения и обслуживания учебного оборудования	Специализированная мебель; рабочее место преподавателя; доска меловая Лабораторное оборудование: сушильный шкаф; электрошкаф сушильный ШОЛ; весы лабораторные электронные ADAM-НСВ 602Н; весы аналитические СУ-224С; набор ареометров; печь муфельная; центрифуга лабораторная; вытяжные шкафы; плитки электрические; химическая лабораторная посуда и реактивы; учебно-наглядные пособия	Специальное лицензионное программное обеспечение не используется
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Специализированная мебель; рабочие места, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КГУ; демонстрационная LCD-панель; принтеры, в т.ч. большеформатный и цветной; сканеры (форматы А2 и А4); web-камеры; микрофоны	Windows XP по лицензии OEM Software (поставщик ООО «Системный интегратор», договор № 22 ГК от 16.12.2016 г.); АИБС «Марк-SQL» (поставщик НПО «Информ-система», договор № 260420060420 от 26.04.2006 г.); LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+); Google Chrome (тип лицензии – BSD); Adobe Reader Acrobat BC (тип лицензии – free)
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Специализированная мебель; рабочие места, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КГУ; доска меловая	Windows Pro 8.1 (поставщик ООО Софт-лайт Проекты, договор №50155/ЯР4393 от 12.12.2014 г.); LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+); Google Chrome (тип лицензии – BSD); Adobe Reader Acrobat BC (тип лицензии – free)

### **Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

В рабочую программу дисциплины внесены следующие изменения:

1. Обновлен перечень лицензионного программного обеспечения;
2. Обновлен перечень материально-технического обеспечения;
3. Обновлен перечень основной и дополнительной литературы.