



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной и прикладной химии

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП Т.П. Кустова

29 августа 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Физическая химия

Уровень высшего образования:	специалитет
Квалификация выпускника:	Химик. Преподаватель химии
Специальность:	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Направленность (профиль) образовательной программы:	Фундаментальная и прикладная химия

Иваново



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Физическая химия» является формирование у студентов компетенций, являющихся основой научно-исследовательской и педагогической деятельности, позволяющих овладеть знанием фундаментальных законов современной теоретической химии и закономерностей протекания химических процессов, а также способностью применять основные естественнонаучные законы в области химического образования, технических науках, в химической отрасли промышленности, в сфере наукоемких технологий.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина «Физическая химия» относится к обязательной части образовательной программы. Дисциплина базируется на основных законах и базовых понятиях изучаемых ранее при освоении дисциплин: «Математика», «Физика», «Квантовая механика и квантовая химия», «Аналитическая химия», «Расчеты в химии» и «Общая неорганическая химия».

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать: свойства химических элементов, простых молекул и сложных соединений в различном агрегатном состоянии (неорганические, органические вещества и материалы на их основе), концентрации растворов, фундаментальные закономерности физических явлений, общие представления о закономерностях протекания химических реакций, технику безопасности в химической лаборатории;

Уметь: проводить физико-химический эксперимент, готовить рабочие растворы заданной концентрации, обрабатывать и обсуждать экспериментальные зависимости, пользоваться учебной, научной и справочной литературой, сетью Интернет;

Иметь: навыки проведения количественного химического анализа, навыки использования компьютерных программ для количественной статистической обработки результатов эксперимента.

Успешное освоение студентами курса «Физическая химия» позволяет сформировать им систему знаний для понимания закономерностей протекания химических процессов и будет способствовать готовности студентов к изучению дисциплин, изучаемых на последующих курсах: «Химическая технология», «Органическая химия», «Кристаллохимия», «Коллоидная химия», «Физические методы исследования», «Химические основы биологических процессов», «Высокомолекулярные соединения», «Прикладная химическая кинетика», «Термодинамика реакций в растворах» и различных спецкурсах, создать научную и мировоззренческую базу для дальнейшей профессиональной деятельности.

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

### **3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

б) общепрофессиональные (ОПК):

**ОПК-2:** способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности;

в) профессиональные (ПК):

**ПК-1:** способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках;

**ПК-3:** способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.



### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** законы термодинамики, характеризующие состояние равновесия систем и направленности химического процесса; термодинамические критерии образования идеальных и реальных жидких многокомпонентных систем и их свойства; основные закономерности термодинамической теории растворов, общие представления о термодинамике ионных и электродных процессов, межионных взаимодействиях в растворах электролитов, неравновесных электродных системах; закономерности формальной кинетики элементарных и сложных реакций, базовые теории реакционной способности веществ; (ОПК-2, ПК-1, ПК-3); принципы работы учебно-научной аппаратуры, используемой для проведения физико-химических экспериментов: фотоэлектроколориметра, потенциометров, простейшего калориметра, жидкостного термостата, лабораторного иономера, кондуктометра (ОПК-2); нормы техники безопасности и пожарной безопасности при работе в химической лаборатории (ОПК-2).

**Уметь:** применять знание основных термодинамических и кинетических закономерностей при объяснении механизмов протекания химических процессов; производить расчеты с использованием различных концентрационных шкал и термодинамических критериев по базовым уравнениям термодинамики, теории растворов, электрохимии, химической кинетики при решении профессиональных задач (ОПК-2); получать экспериментальные данные (ПК-1); пользоваться защитными средствами при проведении работ с участием ЛВЖ, СДЯВ, а также противопожарными средствами; оказывать помощь при возникновении чрезвычайных случаев поражения человека вследствие неаккуратного применения взрывоопасных и пожароопасных веществ (ОПК-2); применять знание основных термодинамических и кинетических закономерностей при получении полученных экспериментальных результатов в своей научной деятельности; применять сложившиеся мировоззренческие естественно-научные представления в своей профессиональной деятельности (ПК-1, ПК-3);

**Иметь:** навыки владения основными представлениями о термодинамических критериях образования идеальных и реальных жидких многокомпонентных систем и их свойствах; общими представлениями о термодинамике ионных и электродных процессов, межионных взаимодействиях в растворах электролитов, неравновесных электродных системах; навыки владения базовыми закономерностями формальной кинетики элементарных и сложных реакций, базовыми теориями реакционной способности веществ (ОПК-2); навыки работы на серийном оборудовании, основанном на принципах колориметрии, потенциометрии, калориметрии, гравиметрии, титриметрии с целью количественного анализа содержания компонентов в растворах (ОПК-2); навыки применения средств защиты от поражения кожи и дыхательной системы, а также средств пожаротушения (ОПК-2); навыки владения базовыми уравнениями химической термодинамики, основными расчетными уравнениями термодинамики растворов, кинетики, электрохимии для получения параметров, характеризующих состояние и реакционную способность веществ (ПК-3); навыки свободного владения справочной литературой, в том числе с привлечением информационных баз данных; навыки использования методов моделирования химических процессов, теоретического и экспериментального исследования различных химических превращений в газовой и конденсированной средах (ПК-3), навыки поиска и первичной обработки научной и научно-технической информации с привлечением современных баз данных (ОПК-2), навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований (ПК-3), методиками получения и обработки экспериментального материала, в том числе с привлечением информационных баз данных; методиками статистической обработки данных, оценки точности и надежности полученных результатов (ПК-1).



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

#### 4. Объем и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 18 зачетных единиц (648 академических часов).

#### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах)		Формы текущего контроля успеваемости
			Занятия лекционно го типа	Занятия семинарского типа	Формы промежуточной аттестации
5 семестр					
Раздел 1. Химическая термодинамика					
1	Представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации учебных достижений Введение в курс. «Физическая химия как наука». Требования к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации по курсу.	5	2	4 практ. занятие	Входной контроль и диагностика. Тестирование остаточных знаний физики, неорганической химии и математики с последующим обсуждением результатов
2	Основы химической термодинамики. Основы статистической термодинамики	5	38	72 лабор. занятие 36 практ. занятие	Коллоквиумы, контрольные работы по отдельным главам, домашние задания, защита отчетов по лаб. работе
3	Термодинамика фазового равновесия	5	12	24 лабор. занятие 6 практ. занятие	Коллоквиумы, контрольные работы по отдельным главам, домашнее задание, защита отчетов по лаб. работе
4	Заключительный. Подведение и анализ промежуточных результатов освоения дисциплины	5		2 практ. занятие	
Итого за семестр			52	144	Зачет, экзамен
6 семестр					
Раздел 2. Функциональная физическая химия					
5	Основы термодинамической теории растворов	6	16	18 лабор. занятие 18 практ. занятие	Коллоквиумы по отдельным главам, домашнее задание, контрольные работы, защита отчетов по лаб. работе



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

6	Основы электрохимии	6	16	18 лабор. занятие  18 практ. занятие	Коллоквиумы по отдельным главам, домашнее задание, контрольные работы защита отчетов по лаб. работе
7	Основы химической кинетики	6	16	20 лабор. занятие  18 практ. занятие	Коллоквиумы по отдельным главам, домашнее задание контрольные работы, защита отчетов по лаб. работе
8	Заключительный. Подведение и анализ промежуточных результатов освоения дисциплины	6		2 практ. занятие	
Итого за семестр			48	112	Экзамен
Итого по дисциплине			100	256	Экзамен (2), зачет (1)

**4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)**

Раздел 1		
№ темы	№ лекции	Основное содержание лекций
1	1	Физическая химия как наука
		Введение. Определение физической химии как науки. Предмет, цели и методы физической химии. История возникновения науки. Основные этапы развития. М.В.Ломоносов - основатель физической химии. Роль отечественных ученых в развитии науки. Диалектико-материалистический подход. Значение науки в развитии других отраслей знания и производства.
	2	Основы химической термодинамики
		Основные понятия химической термодинамики: система, окружающая среда, закрытая и изолированная системы, термодинамические параметры, термодинамический процесс, цикл. Экстенсивные и интенсивные свойства системы, функции состояния. Внутренняя энергия системы. Взаимодействие системы с окружающей средой. Теплота и работа. Правило знаков теплоты и работы. Закон сохранения энергии. Первый закон термодинамики. Формулировки.
	3	Максимальная работа расширения идеального газа в различных процессах. Два частных случая применения первого закона термодинамики. Энтальпия. Термохимия. Закон Гесса как выражение первого закона термодинамики для химических процессов. Следствия закона Гесса. Их обоснования. Некоторые примеры использования закона Гесса: определение теплот гидратации, образования кристаллогидратов, диссоциации слабого электролита, фазовых переходов, тепловых эффектов ионных реакций.



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

2	4	Теплоемкость. Истинная, средняя, молярная, удельная теплоемкость. Их взаимосвязь. Зависимость теплоемкости от температуры. Теория теплоемкости твердого тела. Основные понятия квантовой теории теплоемкости газообразных веществ. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры. Анализ дифференциальной формы уравнения Кирхгофа. Интегрирование уравнения Кирхгофа. Стандартные тепловые эффекты.
	5	Понятие обратимого, равновесного, самопроизвольного и несамопроизвольного процессов. Второй закон термодинамики. Формулировки. Цикл Карно. КПД цикла Карно. Теорема Карно. Некомпенсированная теплота Клаузиуса и работа, потерянная в необратимом процессе.
	6	Энтропия. Статистическое толкование энтропии. Формула Больцмана. Математическая запись второго закона термодинамики.
	7	Изменение энтропии как критерий равновесия и направленности процессов в изолированных системах. Изменение энтропии в необратимых процессах, в процессах с участием идеальных газов, в процессах, протекающих в реальных системах.
	8	Расчет абсолютного значения энтропии. Термодинамические потенциалы. Изменения термодинамических потенциалов как критерии равновесия и самопроизвольности процессов. Характеристические функции. Соотношение между термодинамическими функциями.
	9	Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Изменение термодинамических потенциалов идеальных газов. Изменение термодинамических потенциалов реальных газов. Фугитивность. Методы расчета фугитивности.
	10	Фазовые переходы в однокомпонентных системах. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Анализ уравнения. Интегрирование уравнения Клапейрона-Клаузиуса.
	11	Зависимость давления насыщенного пара от внешнего давления. Термодинамическая характеристика фазовых переходов первого рода. Фазовые переходы второго рода.
	12	Термодинамика многокомпонентных систем. Химический потенциал. Термодинамические условия химических равновесий. Вывод уравнения изотермы реакции и ее анализ.
	13	Динамическое равновесие химической реакции. Признаки и законы равновесия. Выражение констант равновесия через парциальные давления, концентрации и молярные доли. Взаимосвязь этих величин.
	14	Химическое равновесие в гетерогенных системах. Выражение константы равновесия гетерогенных реакций. Метод комбинированного равновесия. Влияние температуры на константу равновесия реакции.
	15	Вывод уравнения изобары (изохоры) реакции и их анализ. Интегрирование уравнения изобары реакции с использованием степенных рядов теплоемкости. Уравнение Темкина-Шварцмана для расчета константы равновесия при заданной температуре. Вывод уравнения.



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

	16	Тепловая теорема Нернста. Следствия. Цикл Нернста. Третий закон термодинамики. Расчет выхода продукта по известной константе равновесия при заданном составе.	
3	17	Статистическая термодинамика	
		Статистический характер второго закона термодинамики. Уравнение Больцмана. Понятие термодинамической вероятности и ее связь с математической вероятностью. Расчет термодинамической вероятности. Статистика Максвелла-Больцмана. Вывод основного уравнения. Доказательство равномерного распределения частиц в геометрическом пространстве и неравномерного распределения частиц в фазовом пространстве.	
		18	Вывод уравнения для молекулярной суммы по состояниям. Вывод взаимосвязи молекулярной суммы по состояниям с энтропией. Связь молекулярной суммы по состояниям по статистике Максвелла-Больцмана с термодинамическими функциями.
		19	Выражение термодинамических функций через статистическую сумму по состояниям системы. Связь термодинамических функций с молекулярной суммой по состояниям в квантовой статистике. Взаимосвязь молекулярной суммы по состояниям с суммами состояний отдельных видов движения.
		20	Расчет суммы по состояниям для поступательного движения. Расчет суммы по состояниям для колебательного движения. Расчет суммы по состояниям для вращательного и электронного движения. Расчет термодинамических функций статистическим методом.
4	21	Термодинамика фазового равновесия	
		Основные определения: компонент, независимый компонент, фаза, степень свободы. Вывод уравнения правила фаз Гиббса. Диаграммы состояния однокомпонентных систем: воды, фосфора, серы, углерода.	
		22	Полиморфные превращения в однокомпонентных системах: энантиотропия и монотропия. Диаграммы Ж-Г для двухкомпонентных систем: Т-состав и Р-состав. Азеотропные растворы. Законы Коновалова.
		23	Диаграммы расслоения двухкомпонентных систем. Диаграммы кипения ограниченно растворимых друг в друге жидкостей. Диаграмма плавкости неизоморфной смеси двух компонентов. Правило рычага. Термический анализ. Диаграммы плавкости Т-состав двухкомпонентной системы с образованием устойчивого химического соединения.
		24	Диаграмма плавкости (Т-состав) двухкомпонентной системы с образованием неустойчивого химического соединения. Физико-химический анализ. Принцип непрерывности и принцип соответствия. Диаграммы состояния с образованием твердых растворов неограниченной и ограниченной растворимости.
	25	Трехкомпонентные системы. Способы изображения состава в трехкомпонентных системах. Диаграмма состояния трехкомпонентной неизоморфной смеси. Диаграммы расслоения трехкомпонентных систем. Применение правила рычага для трехкомпонентных систем.	



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

	26	Диаграммы растворимости двух солей с общим ионом и с образованием кристаллогидратов. Диаграммы растворимости двух солей с образованием химического соединения (в координатах равностороннего треугольника и в прямоугольных координатах).
<b>Раздел 2</b>		
<b>№ темы</b>	<b>№ лекции</b>	<b>Основное содержание лекций <sup>*)</sup></b>
5		Основы термодинамической теории растворов
	1	Классификация растворов. Истинные и совершенные растворы. Задачи термодинамической теории растворов. Два направления в развитии теории растворов. Взаимодействие между частицами в растворе. Сольватация. Термодинамическая и кинетическая устойчивость сольватов.
	2	Парциальные молярные величины (ПМВ). Термодинамический смысл ПМВ. Соотношения между ПМВ. Уравнения Гиббса-Дюгема и Дюгема-Маргулиса. Методы определения ПМВ. Дифференциальные молярные энтальпии растворения и разбавления
	3	Свойства идеальных предельно-разбавленных растворов. Давление насыщенного пара компонентов раствора. Закон Рауля. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри. Идеальные растворы. Термодинамические критерии образования идеальных растворов.
	4	Разбавленные растворы нелетучих веществ. Коллигативные свойства растворов. Идеальная растворимость. Уравнение Шредера.
	5	Повышение температуры кипения растворов нелетучих растворенных веществ. Эбуллиоскопия. Понижение температуры замерзания растворов. Криоскопия. Определение молекулярной массы растворенного вещества криоскопическим и эбуллиоскопическим методами.
	6	Осмоз. Термодинамическое обоснование осмоса. Закон Вант-Гоффа. Вывод основного уравнения осмотического давления. Взаимосвязь коллигативных свойств. Тургор. Экзо- и эндоосмос. Проявление осмотических явлений в природе.
	7	Реальные растворы. Отклонения от закона Рауля. Термодинамическая активность, коэффициент активности. Концентрационные шкалы активностей и коэффициентов активностей. Шкалы стандартных состояний активности. Методы определения активности растворителя и растворенного вещества. Осмотический коэффициент.
	8	Распределение вещества между двумя несмешивающимися растворителями. Экстракция. Вывод уравнения экстракции. Избыточные термодинамические функции. Избыточный химический потенциал. Некоторые классы реальных растворов: регулярные, атермальные растворы
<b>Основы электрохимии</b>		





Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

6	9	Основные направления развития электрохимии. Электростатическая теория растворов электролитов. Основные положения теории Аррениуса. <i>Соотношение между энергией кристаллической решетки и энергией сольватации ионов в рамках модели Борна. Ион-дипольное взаимодействие как основное условие устойчивости растворов электролитов.</i> Классификация электролитов. Средние ионные величины. Условия стандартизации активности раствора электролита. Правило Льюиса и Рэндалла.
	10	Теория сильных электролитов Дебая-Хюккеля. Ионная атмосфера. Вывод уравнения для среднего ионного коэффициента активности. Три приближения теории. Электрическая проводимость растворов электролитов. Удельная и молярная (эквивалентная) электропроводность.
	11	Зависимость $\kappa$ и $\lambda$ от концентрации сильного и слабого электролита. Коэффициент электропроводности. Абсолютные скорости движения и электрические проводимости ионов Уравнение Кольрауша. Уравнение Онзагера. Закон независимости движения ионов. Определение $K_d$ слабого электролита по данным электропроводности. Эффекты торможения ионов в электрическом поле, соотношение между ними. Высоковольтный и высокочастотный эффекты. Ионные ассоциаты. Аномальная подвижность иона гидроксония и гидроксид-иона. <i>Числа переноса ионов; Экспериментальные методы определения чисел переноса. Материальный баланс ионов в приэлектродных пространствах.</i>
	12	Термодинамика равновесных электродных процессов. Причины возникновения скачка потенциала на границе металл-раствор. Строение двойного электрического слоя. Электродный потенциал. <i>Двойной электрический слой и явление адсорбции на границе электрод-раствор. Уравнение электрокапиллярности. Формула Липмана. Электрокапиллярные кривые ртутного электрода. Понятие о потенциале нулевого заряда. Емкость двойного электрического слоя.</i> Гальванический элемент. Электродвижущая сила гальванического элемента как сумма скачков потенциалов. Понятие о поверхностном, внутреннем, внешнем, Гальвани, Вольта, диффузионном и контактном потенциалах. Электродный потенциал Нернста. Электрохимический потенциал. Термодинамический вывод уравнения Нернста с использованием понятия электрохимического потенциала.
6	13	Правило записи электрохимической цепи. Методы определения электродного потенциала. Шкала стандартных электродных потенциалов. Типы электродов. Электроды 1 и 2-го рода. Окислительно-восстановительные электроды. Газовые электроды. <i>Понятие о топливном элементе. Преимущества, недостатки и к.п.д. топливного элемента. Температурная зависимость ЭДС гальванического элемента. Расчет термодинамических функций с использованием <math>dE/dT</math>.</i>



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

	14	<p>Потенциометрия. Определение рН растворов потенциометрическим методом. Определение среднего ионного коэффициента активности методом измерения ЭДС. Ионообменные электроды. Термодинамический вывод для потенциала на границе стекло/раствор в кислой и щелочной средах. Потенциал стеклянного электрода. Потенциал асимметрии.</p> <p><i>Классификация электрохимических цепей. Химические и концентрационные цепи. Цепи с переносом и без переноса.</i></p> <p>Термодинамика гальванического элемента. Измерение ЭДС как метод физико-химического исследования (определение констант равновесия, изменения термодинамических функций процессов, протекающих в гальваническом элементе, определение среднего ионного коэффициента активности).</p>
	15	<p>Кинетика неравновесных электродных процессов. Законы Фарадея. Скорость электрохимического процесса. Плотность тока как мера скорости электродного процесса; поляризация электродов. Токи обмена. Поляризация электродов и ее причины. Поляризационные кривые. Поляризация электродной пары в условиях гальванического элемента и электролизера. Деполяризация. <i>Перенапряжение. Стадии электрохимического процесса. Типы перенапряжений.</i></p> <p>Понятие о лимитирующей стадии электрохимического процесса. Три механизма массопереноса. <i>Теория диффузионного перенапряжения. Зависимость тока от потенциала в условиях замедленной стационарной диффузии. Поток диффузии. Два основных уравнения диффузионной кинетики. Основные представления теории замедленного разряда. Уравнение Тафеля.</i></p>
	16	<p>Электролиз водных растворов. Диаграмма электролитического разложения воды при различном рН. Напряжение разложения, потенциалы растворения и выделения. Понятие о «перенапряжении водорода». <i>Влияние состава раствора и природы металла на перенапряжение при выделении водорода. Коррозия металлов с водородной и кислородной деполяризацией. Теория микрогальванических пар. Коррозионная диаграмма. Анализ коррозионных разрушений при катодном и анодном защитных покрытиях. Пассивность металлов.</i></p>
	Химическая кинетика	
7	17	<p>Кинетическая классификация реакций. Прямая и обратная задачи химической кинетики. Кинетические кривые. Скорость реакции. Закон действия масс. Несоответствие механизмов реакций и их стехиометрических уравнений. Механизм разложения <math>N_2O</math>, <math>N_2O_5</math>, синтеза <math>HBr</math> и <math>HI</math>. Принцип независимости скоростей элементарных реакций, степень превращения, время полупревращения. Молекулярность и порядок химической реакции.</p>
	18	<p>Уравнения формальной кинетики реакций первого, второго, третьего порядков, п-порядка. Обратимые реакции первого порядка.</p> <p>Параллельные реакции первого порядка. Последовательные реакции первого порядка. Сопряженные реакции. Методы определения порядка реакции.</p>



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

	19	Зависимость константы скорости реакции от температуры. Энергия активации прямой и обратной реакции. Связь с тепловым эффектом реакции. Температурный коэффициент.
	20	Теория активных столкновений. <i>Вывод основного уравнения. Применение теории активных столкновений к мономолекулярным реакциям.</i> Ее приближенная и более строгая формулировка. Формула Траутца - Льюиса. Понятие о предэкспоненциальном множителе "А" и стерическом факторе "Р". Теория активированного (переходного) комплекса. Поверхность потенциальной энергии. Свойства активированного комплекса. <i>Вывод основного уравнения для константы скорости бимолекулярной реакции. Трансмиссионный коэффициент. Сравнение теорий активных столкновений и активированного комплекса для бимолекулярных реакций.</i> Термодинамика активированного комплекса. Энергия Гиббса, энтальпия и энтропия активации. Стерический множитель. Реакции в растворах. Клеточный эффект. Взаимодействие между ионами в растворе. Уравнение Бренстеда. Первичный солевой эффект. Влияние растворителя на скорость химической реакции.
	21	Классификация, особенности протекания, кинетические закономерности цепных реакций. Разветвленные цепные реакции. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. <i>Предельные явления в разветвленных цепных реакциях на примере реакции окисления водорода. Полуостров воспламенения. Период индукции. Анализ уравнения вероятностного метода.</i> Принцип квазистационарности Боденштейна и его применение в кинетике цепных процессов. Теория взрывов и воспламенений. Тепловой взрыв. Цепные реакции полимеризации.
	22	Катализ. Каталитическая активность. Селективность. Гомогенный катализ. Роль катализатора, влияние его на кинетические характеристики реакции. Кислотно-основной катализ. Специфический кислотный и специфический основной катализ. Ферментативный катализ. Уравнение Михаэлиса - Ментэн. Кинетика каталитических реакций с конкурентным ингибированием. <i>Функции кислотности Гаммета и их использование для вычисления скорости реакции и кинетических постоянных. Суперкислоты. Твердые кислоты как катализаторы. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Бренстеда и его использование в кинетике каталитических реакций.</i> Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций. Уравнение Семенова в кинетике радикальных реакций. Специфический и общий основной катализ.
	23	Гетерогенный катализ. Стадии гетерогенно-каталитических реакций, их характеристика. Энергия активации каталитической реакции в кинетической и внутренней диффузионной области Роль адсорбции в катализе. Активные центры. <i>Катализаторы на носителях, промотирование и отравление.</i>



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

	24	Кинетика гетерогенно-каталитических реакций, зависимость от температуры (кинетическая и диффузионная области). <i>Теории гетерогенного катализа: адсорбционные теории, теория активных ансамблей, мультиплетная теория, электронная теория, цепная теория.</i> Фотохимические реакции. Основные законы фотохимии. Закон фотохимической эквивалентности. Фотовозбуждение молекул. Квантовый выход. Вторичные процессы фотохимических реакций. Виды конверсии возбужденной молекулы. <i>Флуоресценция. Фосфоресценция. Особенности кинетики фотохимических реакций. Фотосенсибилизация.</i>
--	----	---

<sup>\*)</sup> Текст, выделенный курсивом, предназначен для подготовки докладов с презентациями.

### 5. Образовательные технологии

При изучении настоящей дисциплины используются следующие инновационные образовательные технологии:

- разноуровневое обучение; уровневые контрольные работы; уровневый экзамен;
- рейтинговая система; рейтинг уровня учебных достижений студентов;
- технология «дебаты» на коллоквиумах и при сдаче лабораторных работ (технология учебной дискуссии);
- тестовый контроль: бланковое тестирование;
- учебно-исследовательские задачи в лабораторном практикуме;
- технология развития критического мышления.

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: технологии смешанного обучения.

**Чтение лекций** по физической химии проводится с частичным использованием слайд-конспекта (более 200 слайдов). Слайды отображают физические и химические процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала. Студентам предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к экзамену.

### 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В начале семестров, на первом вводном занятии по дисциплине студентов знакомят с порядком освоения всего курса физической химии и его разделов, последовательностью прохождения лабораторного практикума и проведения практических занятий. Особое внимание уделяется подробному разъяснению методике проведения студентом самостоятельной работы по дисциплине, а также технике безопасности при выполнении студентами лабораторных работ. Подробно рассматривается порядок оформления графической и расчетной частей лабораторных работ, указывается на правильность написания выводов развернутого характера, знакомят со списком учебно-методической литературы.

1. Проводится экспресс-опрос с оценкой в устной или тестовой форме по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы.
2. Проверяется качество предварительной подготовки студента к выполнению лабораторной работы с оценкой: план выполнения работы, записи в лабораторном журнале.
3. Оценивается работа студента в лаборатории непосредственно при выполнении и предварительном оформлении работы.
4. Проверка и выставление оценки за отчет проводится на одном из двух последующих занятий. Студент не допускается к выполнению следующей лабораторной работы, если он не отчитался по предыдущим.



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

В ряде лабораторных работ включаются элементы научных исследований, которые требуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала. Такие работы выдаются наиболее успешным студентам.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физическая химия» представлено электронным вариантом части курса лекций, а также методическими пособиями: «Основы теории растворов», «Основы электрохимии», «Основы химической кинетики», содержащими методические указания к проведению самостоятельной работы, вопросы для самоконтроля, типовые задачи с решениями, глоссарий терминов, комплект тестовых заданий. Указанное обеспечение находится в приложении 1 к РП.

**При проведении занятий семинарского типа** не менее 1 часа из двух (50% времени) отводится на самостоятельное решение задач. Практические занятия строятся следующим образом:

1. Вводная часть (цели занятия, основные теоретические вопросы раздела курса)
2. Фронтальный опрос подгруппы с оценкой (входной контроль путем бланкового экспресс-тестирования).
3. Рассмотрение преподавателем решения 2-3 типовых задач.
4. Самостоятельное решение студентами 2-3 задач на оценку.
5. Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

Для проведения занятий имеется большой банк заданий и задач для самостоятельного решения, дифференцированных по степени сложности.

Предварительная подготовка студента к практическому занятию оценивается путем бланкового экспресс-тестирования (тестовые задания закрытой формы) в течение 5 минут. Результаты самостоятельного решения задач по каждому занятию также оцениваются. Таким образом, при интенсивной работе на каждом занятии студент имеет возможность получить две оценки. По материалам раздела выдается студенту многовариантное домашнее задание. Итоги его выполнения обсуждаются на одном из практических занятий

**Методические материалы по обеспечению самостоятельной работы студентов приведены в Приложении 1 к РП.**

## **7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Качество освоения студентом материала дисциплины оценивается на зачетах и экзаменах. Экзамены проходят по смешанной устно-письменной форме с учетом накопительной рейтинговой оценки, которая включает результаты текущего контроля знаний студентов.

Текущий контроль предполагает проведение проверочных контрольных работ, работу на практическом занятии, сдачу коллоквиумов, выполнение многовариантных домашних заданий, а также результаты выполнения лабораторного практикума.

### **Рейтинговый контроль в разделе 1**

	Лаб. занят.	Коллоквиум	Дом. Задан.	Итого
Баллы	$7 \cdot 3 = 21Б$	$4 \cdot 6 = 24Б$	$3 \cdot 4 \cdot 4Б + 1 \cdot 3 \cdot 1Б = 15Б$	60 Баллов
Мин. кол. бал.	$7 \cdot 2 = 14Б$	$4 \cdot 3 = 12Б$	$4 \cdot 2 = 8 Б$	35

### **Рейтинговый контроль в разделе 2**



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

	Лаб. занят.	Коллоквиум	Контр. раб.	Дом. Задан.	Итого
Баллы	6 л.з. · 3Б = 18Б	6кол · 3Б = 18Б	6к.р. · 3Б = 18Б	2д.з. · 3Б = 6Б	60 Баллов
Мин. кол. бал.	6 · 2 = 12Б	6 · 2 = 12Б	6 · 1 = 6 Б	2 · 2 = 4 Б + 1	35

- 1) Сроки выполнения каждого из видов работ определяются планом-графиком прохождения практикума.
- 2) Для допуска к сдаче экзамена необходимо набрать не менее 35-ти рейтинговых баллов при условии полного выполнения учебного плана.
- 3) Студент, набравший в семестре менее 20-ти баллов, к экзамену не допускается и может быть отчислен за академическую неуспеваемость.
- 4) Шкала пересчетов суммы рейтинговых баллов в обычные оценки:
  - 85 – 100 баллов – «отлично»
  - 70 – 84 балла – «хорошо»
  - 55 – 69 баллов – «удовлетворительно».

К сдаче зачёта допускаются студенты, выполнившие все лабораторные работы, контрольные работы и сдавшие все коллоквиумы с не менее чем удовлетворительной оценкой. К сдаче экзамены допускаются студенты, набравшие не менее 35-ти рейтинговых баллов. Максимальная сумма рейтинговых баллов перед экзаменом – 60.

Экзамены проводятся в форме устного ответа на вопросы билета, состоящего из 2-х теоретических вопросов и одной задачи расчётного характера. Ответ оценивается в рейтинговых баллах. Максимальное число рейтинговых баллов за экзамен – 40. Экзамен не зачитывается, если оценка за него менее 20-ти баллов. Окончательная оценка за знание дисциплины складывается из суммы оценок за практикум и за экзамен.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература:

1. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. изд 7-е. –М.: Высш. шк., 2009. -527 с.
2. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. 8-е изд. – Л.,: Химия, 2003. 232 с.
3. Зуев А. Ю., Черепанов В. А., Цветков Д. С. Физическая химия. Практикум: учебное пособие для студентов по направлению 020100 «Химия» [Электронный ресурс]. [Издат. Уральского ун-та](#), 2012. 124 с. ISBN: 978-5-7996-0787-6. УДК: 544(076.5). ББК: 24.5я73-3. Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=239716](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=239716)
4. Макаров А. Г., Сагида М. О., Раздобреев Д. А. Теоретические и практические основы физической химии: Учебное пособие для студ-ов. Спец. 04.05.01. [Электронный ресурс]. Издат. Оренб. ГУ. 2015. 172 с. ISBN: 978-5-7410-1245-1. УДК: 544(075.8). ББК: 24.5я73. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364840&sr=1>

### Дополнительная литература:

1. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа. Примеры и задачи с решениями. –М.: Академия, 2005. 245с.
2. Кубасов А.А. Химическая кинетика и катализ. – М.: МГУ, 2008. 280 с.
3. [Кусманов С. А.](#) Физическая химия: практикум. [Электронный ресурс]. Лаб практикум для студ. 02010062. Химия. Издат. [Костр.ГУ им. Н. А. Некрасова](#), 2012. 230 с. ISBN: 978-5-7591-1232-7 УДК: 541.1. ББК: 24.5я73-5. Режим доступа:



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=275638](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=275638)

4. Булидорова Г. В. , Галяметдинов Ю. Г. , Ярошевская Х. М. , Барабанов В. П. Электрохимия и химическая кинетика: Учебное пособие. [Электронный ресурс]. Издат. КНИТУ, 2014.-371с. ISBN: 978-5-7882-1658-4. УДК: 544.6+544.4 (075.8) ББК: 24.5я73. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427844&sr=1>

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»

<https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru);

<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office, Mathcad Express, интернет-браузер Internet Explorer, Мой университет.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;

- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, выполнения проектов с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: демонстрационное оборудование (демонстрационные устройства); электронные пособия (презентации), печатные пособия (таблицы, плакаты)



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

**Авторы рабочей программы дисциплины:**

профессор кафедры фундаментальной и прикладной химии, проф., д.х.н. Иванов С.Н.  
доцент кафедры фундаментальной и прикладной химии, доц., к.х.н. Наумова И.К.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной и прикладной химии 29 августа 2024 г., протокол № 14.

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

(подпись)