

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.О.03.02.02 ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

---

Химическая кинетика

---

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

---

Направленность (профиль)

04.05.01.32 Аналитическая химия

---

Форма обучения

очная

---

Год набора

2022

---

Красноярск 2022

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

к.х.н., доцент, Иртюго Лилия Александровна

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель изучения дисциплины – получение студентами базовых сведений по химической кинетике и катализу, необходимых для освоения специальных дисциплин, и в дальнейшем – для грамотной, эффективной работы в сфере профессиональной деятельности.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачами курса является изучение учащимися теоретических основ и практических аспектов химической кинетики, совершенствование в постановке и проведении экспериментов.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-1: Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности</b>	
ОПК-1.1: Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	методы анализа результатов физ.химических экспериментов, наблюдений, измерений систематизировать и анализировать результаты физ.химических экспериментов и расчетов навыками систематизации и анализа результатов физ.химических экспериментов и расчетов
ОПК-1.2: Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	основные физ.химические законы рассчитывать физикохимические свойства веществ и материалов и интерпретировать экспериментальные данные способами интерпретации результатов кинетических 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	правила составления заключений и выводов формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных и собственных экспериментальных данных методами формулировки заключений и выводов по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности
<b>ОПК-2: Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности</b>	

ОПК-2.1: Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	нормы техники безопасности при работе в химической лаборатории, правила безопасной эксплуатации лабораторного работать с хим.веществами с соблюдением норм
	техники безопасности навыками работы с хим.веществами с соблюдением норм техники безопасности
ОПК-2.2: Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности	основные методы синтеза веществ синтезировать новые вещества навыками получения веществ
ОПК-2.3: Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования	методы исследования физ.химических свойств веществ проводить основные физ.химические опыты для определения химического и физического состава вещества базовыми навыками проведения физ.химического эксперимента безопасности
<b>ОПК-3: Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения</b>	
ОПК-3.1: Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности	основные теоретические и полуэмпирические модели расчета физикохимических свойств веществ применять основные теоретические и полуэмпирические модели расчета физикохимических свойств веществ основными навыками использования теоретических и полуэмпирических моделей расчета физикохимических свойств веществ
ОПК-3.2: Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности	основные приемы работы со стандартным программным обеспечением при решении физ.химических задач использовать основные приемы работы со стандартным программным обеспечением при решении физ.химических задач основными приемами работы со стандартным программным обеспечением при решении физ.химических задач
<b>ОПК-4: Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач</b>	

ОПК-4.1: Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности	основные уравнения, правила и законы математики и физики планировать работы хим.направленности, используя базовые знания в области математики и физики навыками планирования работы хим.направленности, используя базовые знания в области математики и физики
ОПК-4.2: Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик	стандартные способы аппроксимации численных характеристик обрабатывать физ.химические данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик методами обработки данных с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик
ОПК-4.3: Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений	основные уравнения, правила и законы математики и физики интерпретировать результаты кинетических наблюдений с использованием физических законов и представлений навыками интерпретаций результатов кинетических наблюдений с использованием физических законов и представлений
<b>ОПК-5: Способен понимать принципы работы информационных технологий, использовать информационные базы данных и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности</b>	
ОПК-5.1: Использует современные ИТ-технологии при сборе, анализе и представлении информации химического профиля, соблюдая нормы и требования информационной безопасности	современные ИТ-технологии при сборе, анализе, обработке и представлении физ.химической информации использовать современные ИТ-технологии при сборе, анализе, обработке и представлении физ.химической информации навыками использования современных ИТ-технологий при сборе, анализе, обработке и представлении физ.химической информации
ОПК-5.2: Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности	нормы информационной безопасности соблюдать нормы информационной безопасности навыками соблюдения норм информационной безопасности

ОПК-5.3: Использует современные вычислительные методы для обработки данных химического эксперимента, моделирования свойств веществ (материалов) и процессов с их участием	
<b>ОПК-6: Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе</b>	
ОПК-6.1: Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	формы оформления отчета представлять физ.химическую информацию в виде отчета на русском языке навыками представления результатов экспериментальной работы в виде отчета
ОПК-6.2: Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры	требования библиографической культуры представлять физ.химическую информацию с учетом требований библиографической культуры навыками представления физ.химической информации с учетом требований библиографической культуры
ОПК-6.3: Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках	правила написания тезисов представлять результаты экспериментальной работы в виде тезисов навыками представления результатов экспериментальной работы в виде тезисов
ОПК-6.4: Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезисы доклада, статья, обзор) на русском и английском языке	правила оформления презентаций представлять результаты экспериментальной работы в виде презентаций навыками представления результатов экспериментальной работы в виде презентаций
<b>УК-8: Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов</b>	
УК-8.1: Выявляет вероятные риски, определяет и оценивает опасные и вредные факторы, влияющие на жизнедеятельность при возникновении чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и социального происхождения	факторы вредного влияния элементов среды обитания анализировать факторы вредного влияния элементов среды обитания методами анализа факторы вредного влияния элементов среды обитания

УК-8.3: Выявляет факторы вредного влияния производственных процессов и осуществляет действия по минимизации и	правила техники безопасности при работе в лаборатории предотвращать нарушения техники безопасности при работе в лаборатории знаниями о мероприятиях по предотвращению
предотвращению техногенного воздействия на природную среду с целью обеспечения устойчивого развития	техники безопасности при работе в лаборатории

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2,92 (105)</b>	
занятия лекционного типа	0,94 (34)	
практические занятия	0,47 (17)	
лабораторные работы	1,5 (54)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,08 (39)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	



### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Формальная кинетика</b>									
	1. Предмет и задачи курса. Химическая кинетика как раздел физической химии. Термодинамический и кинетический критерии реакционной способности системы.	1							
	2. Скорость реакции. Понятие скорости реакции. Факторы, влияющие на скорость реакции. Классификация химических реакций. Основной постулат кинетики. Порядок реакции, молекулярность. Кинетика простых реакций. Реакции первого порядка. Псевдомолекулярные реакции. Реакции второго и третьего порядка. Методы определения порядка реакции.	3							

<p>3. Кинетика сложных реакций.          Прямая и обратная задачи кинетики. Принцип независимости. Обратимые реакции порядка. Параллельные реакции. Метод конкурирующих реакций. Последовательные реакции. Приближенные методы кинетики.          Метод квазистационарных концентраций. Лимитирующая стадия. Квазиравновесное приближение.</p>	4							
<p>4. Реакции в потоке          Предельные режимы проведения реакций в потоке. Условие материального баланса. Кинетика реакций в реакторах идеального смешения и идеального вытеснения. Стационарный режим кинетического процесса.</p>	2							
<p>5. Влияние температуры на скорость реакции.          Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Методы расчета энергии активации и предэкспоненциального множителя. Тепловой взрыв. Диаграмма Семенова.</p>	2							
<p>6. Введение. Простые реакции. Содержание занятия: упражнения на составление кинетических уравнений по экспериментальным данным о скорости реакции; задачи на расчет констант скоростей и концентраций веществ в простых реакциях первого, второго и третьего порядков и на определение порядков реакций.</p>			2					

7. Сложные реакции. Содержание занятий: решение задач на расчет констант скоростей отдельных стадий обратимых и параллельных реакций. Приближенные методы кинетики Содержание занятия: составление кинетических уравнений на основании предложенных механизмов сложных реакций.			2					
8. Реакции в потоке. Содержание занятия: решение задач на расчет констант скоростей реакций в потоке.			2					
9. Влияние температуры на скорость реакции. Методы расчета энергии активации и предэкспоненциального множителя. Содержание занятия: графическое и аналитическое определение энергии активации и предэкспоненциального множителя по уравнению Аррениуса и методом трансформации кинетических кривых.			2					
10. Инструктаж по технике безопасности и охране труда					2			
11. Изучение скорости гидролиза уксусного ангидрида методом электрической проводимости. Содержание работы: Измеряя электрическую проводимость, определяют концентрацию уксусной кислоты, образующейся при гидролизе уксусного ангидрида. Полученные значения используют для графического определения константы скорости реакции и для расчета энергии активации, теплоты и энтропии активации.					4			

<p>12. Изучение кинетики реакции гидролиза уксусного ангидрида колориметрическим методом. Содержание работы: Кинетику реакции изучают по концентрации йода, выделяющегося при окислении иодида иодатом в кислой среде. По экспериментальным данным рассчитывают константу скорости реакции и энергию активации.</p>					4			
<p>13. Изучение кинетики реакции окисления тиомочевины и тиацетамида гексацианоферрата (III) в щелочном растворе. Содержание работы: Ход реакции контролируют по изменению концентрации гексацианоферрата (III) при заданной температуре, измеряя оптическую плотность раствора. По результатам опытов рассчитывают константу скорости и энергию активации процесса.</p>					4			
<p>14. Изучение кинетики реакции окисления тиомочевины и тиацетамида гексацианоферрата (III) в щелочном растворе. Содержание работы: Ход реакции контролируют по изменению концентрации гексацианоферрата (III) при заданной температуре, измеряя оптическую плотность раствора. По результатам опытов рассчитывают константу скорости и энергию активации процесса.</p>					4			
<p>15. Проработка лекционного материала. Оформление и подготовка к защите лабораторных работ. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач</p>							2	

<p>16. Самостоятельное изучение дополнительного теоретического материала по теме: релаксационные и струевые методы изучения быстрых реакций. При изучении данной темы следует остановиться на таких моментах, как время релаксации; импульсные и стационарные релаксационные методы; струевые методы: методы непрерывной, ускоренной, остановленной струи; построение кинетических кривых с помощью данных методик; способы определения константы скорости; применение струевого метода.</p>							11	
<b>2. Теория химической кинетики</b>								
<p>1. Соотношения кинетической теории газов. Уравнение Максвелла для распределения молекул по скоростям. Средняя скорость движения молекул. Диаграмма столкновений. Расчет числа столкновений. Теория бинарных соударений. Энергия активации. Константа скорости бимолекулярной реакции. Стерический фактор. Применение теории бинарных соударений к мономолекулярным реакциям.</p>	3							

<p>2. Основные понятия теории активированного комплекса.  Переходное состояние. Теория абсолютных скоростей реакций. Карта поверхности потенциальной энергии. Трансмиссионный коэффициент. Адиабатический процесс. Положения, лежащие в основе теории переходного состояния. Константа скорости бимолекулярной реакции.  Термодинамический аспект теории переходного состояния.  Связь константы скорости реакции с термодинамическими функциями. Физический смысл энтальпии активации.  Мономолекулярные и тримолекулярные реакции. Константы скоростей мономолекулярной и тримолекулярной реакций. Температурная зависимость константы скорости тримолекулярной реакции.</p>	3							
<p>3. Реакции в растворах.  Применимость теории столкновений к реакциям в растворах. Расчет константы скорости по теории активированного комплекса (уравнение Бренстеда-Бьеррума). Первичный и вторичный солевые эффекты.</p>	2							
<p>4. Теории химической кинетики.  Содержание занятия: сравнительный анализ теории бинарных соударений и теории активированного комплекса: решение задач на расчет энтальпии и энтропии активации, константы скорости.</p>			2					
<p>5. Лабораторные работы не предусмотрены.</p>								

6. Проработка лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач							4	
7. Самостоятельное изучение теоретического материала по темам: 1. Статистический аспект теории активированного комплекса 2. Расчет стерического фактора по теории переходного состояния							4	
<b>3. Кинетика специфических сложных реакций</b>								
1. Цепные реакции. Основные понятия кинетики цепных реакций. Кинетика разветвленных цепных реакций. Теория взрывов. Вероятностная теория цепных реакций.	2							
2. Фотохимические реакции. Основные понятия кинетики фотохимических реакций. Законы фотохимии. Скорость фотохимической реакции.	1							
3. Основные понятия теории гетерогенных процессов. Диффузия и скорость диффузии. Законы Фика. Кинетика процессов в условиях стационарного и нестационарного состояния диффузионного потока. Температурная зависимость коэффициента диффузии. Реакции с участием твердых тел. Реакции твердое тело – жидкость и твердое тело – газ. Морфологические модели образования и роста зародышей. Зародышеобразование в одну стадию и в несколько стадий. Случайное зародышеобразование в объеме твердого реагента. Уравнение Ерофеева. Экспоненциальный период ускорения роста зародышей. Уравнение Праута-Томпкинса.	4							

4. Цепные реакции. Содержание занятия: решение задач на расчет констант скоростей, определение порядков цепных реакций.			2					
5. Фотохимические реакции. Содержание занятия: решение задач на расчет констант скоростей и квантового выхода фотохимических реакций.			2					
6. Кинетика гетерогенных процессов в условиях стационарного режима диффузионного потока Содержание занятия: решение задач на расчет константы скорости диффузии с использованием закона Фика и температурной зависимости константы скорости.			2					
7. Изучение кинетики фотохимического разложения перекиси водорода. Содержание работы: Кинетику фотохимического разложения перекиси водорода изучают по объему кислорода, выделяющегося при облучении раствора ультрафиолетовым светом. Устанавливают зависимости скорости процесса от концентрации фенола (замедлителя реакции), интенсивности облучения и диаметра реакционного сосуда. По опытным данным методом графического дифференцирования находят скорость реакции в разные моменты времени, по полученным значениям графически определяют константу нарастания, характеризующую скорость разветвления, и рассчитывают период индукции.					4			



<p>8. Изучение кинетики топохимических реакций. Содержание работы: Кинетику топохимических реакций изучают газометрическим методом на примере термического разложения перманганата калия. Скорость процесса определяют графическим дифференцированием зависимости степени превращения от времени, рассчитанной по объему выделяющегося кислорода. Анализируют зависимость скорости реакции от времени. Значения степени превращения в разные моменты времени используют для графического определения коэффициентов в уравнении Ерофеева. Эксперименты проводят при двух температурах.</p>					6			
<p>9. Изучение кинетики испарения жидкости и диффузии ее паров в воздухе. Содержание работы: С использованием катетометра изучают кинетику испарения жидкости в условиях стационарного и нестационарного режима процесса. Определяют коэффициент диффузии пара жидкости в воздухе.</p>					4			
<p>10. Изучение кинетики растворения и диффузии в водных растворах. Содержание работы: Методом вращающегося диска изучают кинетику растворения металлов и полупроводников в водных растворах кислот в зависимости от скорости вращения диска и концентрации кислоты. По полученным данным рассчитывают коэффициент диффузии.</p>					4			

<p>11. Изучение кинетики процессов травления полупроводников.  Содержание работы: Кинетику процесса травления полупроводников изучают на примере кремния. По полученным экспериментальным данным методом графического дифференцирования находят скорость реакции в разные моменты времени. Определяют глубину нарушенного слоя.</p>					4			
<p>12. Проработка лекционного материала.  Оформление и подготовка к защите лабораторных работ.  Подготовка к практическим занятиям.  Решение задач</p>						4		

<p>13. Самостоятельное изучение теоретического материала по следующим темам:</p> <p>1. Кинетическая схема Штерна-Фольмера  На кинетическую схему Штерна-Фольмера следует обратить внимание как на пример определения элементарных констант из опытных фотохимических данных.</p> <p>2. Элементарные процессы на границе раздела фаз. Изучение этой темы предполагает рассмотрение следующих вопросов: Элементарные процессы на границе раздела при окислении металлов с образованием защитного слоя для случаев, когда твердая фаза – а) полупроводник n-типа с катионами в междоузлиях, б) полупроводник n-типа с анионными вакансиями, в) полупроводник p-типа с катионными вакансиями, г) полупроводник p-типа с междоузельными анионами. Элементарные процессы на границе раздела в отсутствие защитного слоя продукта реакции. Стадия химического зародышеобразования.</p> <p>3. Автоколебательные реакции  В этой теме предусмотрено рассмотрение механизма реакции Белоусова–Жаботинского, механизма Филда–Кереша–Нойеса, модели Орегонатор.</p>							4	
<b>4. Катализ</b>								

<p>1. Основные понятия кинетики каталитических реакций.  Катализаторы и ингибиторы. Специфичность и селективность катализаторов. Причины ускоряющего действия катализаторов. Классификация каталитических процессов. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Кислотность среды. Функция Хаммета. Автокаталитические реакции. Гетерогенный катализ.  Гетерогенно-каталитические процессы. Роль адсорбции в гетерогенно-каталитических реакциях. Уравнения адсорбции Фрейндлиха и Лэнгмюра. Кинетика гетерогенно-каталитических процессов на равнодоступной поверхности. Основные направления в развитии теории гетерогенно-каталитического акта.</p>	6							
<p>2. Роль химической кинетики в различных областях науки и техники.</p>	1							
<p>3. Катализ  Содержание занятия: решение задач на расчет констант скоростей каталитического процесса в реакциях кислотно-основного и гетерогенного катализа</p>			1					
<p>4. Изучение скорости реакции иодирования ацетона (6)  Содержание работы: Выполняют три части работы: 1. По концентрации йода рассчитывают константы скорости и определяют ее зависимость от начальной концентрации катализатора. 2. Изучают первичный солевой эффект при добавлении соли, не имеющей общий анион с катализирующей реакцией кислотой. 3. Изучают вторичный солевой эффект при добавлении соли катализирующей кислоты.</p>					8			

<p>5. Изучение кинетики каталитических реакций на примере разложения перекиси водорода (6)  Содержание работы: выполняют две части работы: 1. Изучают кинетику гомогенно-каталитического распада перекиси водорода в присутствии бихромат-ионов. Скорость реакции определяют по объему выделившегося кислорода. По полученным данным графически находят константу равновесия и константу скорости реакции. 2. Изучают гетерогенно-каталитический распад перекиси водорода на активированном угле. По кинетическим кривым графически определяют порядок реакции.</p>					6			
<p>6. Проработка лекционного материала.  Оформление и подготовка к защите лабораторных работ.  Подготовка к практическим занятиям.  Решение задач</p>						2		
<p>7. Самостоятельное изучение теоретического материала по теме: Ферментативный катализ.  Изучение этой темы предполагает усвоение следующего материала:  Общие определения и понятия ферментативного катализа. Активность ферментов. Уравнение Михаэлиса - Ментен и определение кинетических параметров из опытных данных. Кинетика каталитических реакций с конкурентным ингибированием. Эффективная константа Михаэлиса. Определение константы ингибирования из опытных кинетических данных. Ингибирование конкурентное, неконкурентное и смешанное.</p>						8		

<p>8. Экзамен принимается в письменной форме в два этапа: первый – проверка знаний теоретических основ курса «Химическая кинетика», на основании правильных ответов на вопросы экзаменационного билета, студент допускается ко второму этапу – решению двух типовых задач. На оценку удовлетворительно студент обязан дать правильные ответы на три теоретических вопроса (из шести) и решить одну задачу; на оценку хорошо необходимы правильные ответы минимум на три теоретических вопроса и решение 2 задач; на оценку отлично - полные ответы на все теоретические вопросы и решение двух задач.</p>								
<p>Всего</p>	<p>34</p>		<p>17</p>		<p>54</p>		<p>39</p>	

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Франк-Каменецкий Д. А. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике: [учебник-монография] (Долгопрудный: Интеллект).
2. Белоусова Н. В., Белоусов О. В., Дидух С. Л., Чубаров А. В. Химическая кинетика: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: ИПК СФУ).
3. Темкин О. Н. Гомогенный металлокомплексный катализ. Кинетические аспекты: монография(Москва: Академкнига).
4. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х., Ролдугин В. И. Современный катализ и химическая кинетика: монография(Долгопрудный: Интеллект).
5. Кудряшева Н.С., Бондарева Л. Г. Физическая химия: учебник для бакалавров(Москва: Юрайт).
6. Буданов В. В., Ломова Т. Н., Рыбкин В. В. Химическая кинетика: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки «Химическая технология», «Биотехнология», «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»(Санкт-Петербург: Лань).
7. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х., Ролдугин В. И. Современный катализ и химическая кинетика: [учебное пособие](Долгопрудный: Интеллект).
8. Байрамов В. М. Химическая кинетика и катализ. Примеры и задачи с решениями: учебное пособие для химических факультетов университетов по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия"(Москва: Академия).
9. Байрамов В. М., Лунин В. В. Основы химической кинетики и катализа: учебное пособие для химических факультетов университетов по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия"(Москва: Академия).
10. Пурмаль А. П. А, Б, В... химической кинетики: учебное пособие для химических факультетов университетов по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия"(Москва: Академкнига).
11. Стромберг А. Г., Семченко Д. П., Стромберг А. Г. Физическая химия: учебник для вузов по химическим специальностям(Москва: Высшая школа).
12. Леенсон И. А. Как и почему происходят химические реакции. Элементы химической термодинамики и кинетики: [учеб. пособие для вузов] (Долгопрудный: Интеллект).
13. Дидух С. Л., Чубаров А. В., Белоусова Н. В. Химическая кинетика: лабораторный практикум(Красноярск: ИПК СФУ).
14. Белоусова Н. В., Белоусов О. В. Химическая кинетика: практикум (Красноярск: ИПК СФУ).
15. Белоусова Н. В., Дидух С. Л. Химическая кинетика: методические

- указания по самостоятельной работе(Красноярск: ИПК СФУ).
16. Колпакова Н. А., Романенко С. В., Колпаков В. А. Сборник задач по химической кинетике: учебное пособие(Санкт-Петербург: Лань).
  17. Иртюго Л. А., Белоусова Н. В., Дидух-Шадрина С. Л. Химическая кинетика: учебно-методическое пособие(Красноярск: СФУ).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Microsoft Vista Business
2. Microsoft Office Word 2007
3. Adobe Reader 7.0
4. Microsoft PowerPoint 2007
5. Microsoft Office Excel 2007
- 6.

**4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Научная Электронная Библиотека e-LIBRARY.RU. Полнотекстовая коллекция «Российские академические журналы on-line» (издательство «Наука») включает 139 журналов. Заключено лицензионное соглашение (до ноября 2021 г.) об использовании ресурсов со свободным доступом с компьютеров университетской сети.- Режим доступа: <http://elibrary.ru/>.
2. Nature Publishing Group – годовая подписка на научные электронные журналы издательства Nature Publishing Group: Nature Materials, Nature Nanotechnology. – Режим доступа: <http://www.nature.com>.
3. EBSCO Journals (компания EBSCO Publishing) – электронные журналы. Всего более 7000 названий журналов, 3,5 тысячи рецензируемых журналов. – Режим доступа: <http://search.ebscohost.com>
4. Cambridge University Press - доступ к текущим выпускам журналов издательств Cambridge University Press (с 1996-2015 гг) . – Режим доступа: <http://www.journals.cambridge.org>
5. 5.Royal Society of Chemistry - журналы открытого доступа. - Режим доступа: <http://pubs.rsc.org>.
6. Elsevier - доступ к Freedom Collection издательства Elsevier. В комплект подписки Freedom Collection издательства Elsevier входят электронные научные полнотекстовые журналы по всем областям науки, техники, медицины, размещенные на платформе ScienceDirect, (23 предметные коллекции), охват более 1900 названий журналов. Архив 2010-2014 гг. - Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com>
7. Электронная химическая энциклопедия – он-лайн. -Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/>.



8. Сайт по применению методов математической статистики и теории вероятностей в аналитической химии для обработки результатов аналитических измерений-Режим доступа: <http://chemstat.com.ru/>.
9. База данных термодинамических величин ИВТАНТЕРМО - Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/rus/handbook/ivtan/>
10. База данных кинетики реакций в растворах - Режим доступа: <http://kinetics.nist.gov/solution/>
11. База данных кинетики реакций в газовой фазе - Режим доступа: <http://kinetics.nist.gov/kinetics/index.jsp>

### **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

### **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Технические средства обучения (мультимедийный проектор, интерактивная доска, ПЭВМ).

- 1 - Кондуктометр лабораторный;
- 2 – термостат водный;
- 3 – калориметр лабораторный;
- 4 – спектрофотометр «SPEKOL-1300»;
- 5 – термогравиметрическая установка;
- 6 – установка для изучения фотохимических реакций;
- 7 – установка для изучения топочимических реакций;
- 8 – катетометр;
- 9 – установка для изучения кинетики гетерогенных взаимодействий методом вращающегося диска;
- весы электронные лабораторные;
- эвдиометр;
- общелабораторное оборудование: химические реактивы, химическая посуда.

Выполнение лабораторных работ проводится в соответствии с требованиями ТБ, группами обучающихся в количестве 2-3 человек, обязательно в присутствии преподавателя и УВП, вследствие повышенной опасности работы в химической лаборатории. Для соответствия между общим количеством обучающихся, одновременно выполняющих эксперимент, и количеством профессорско-преподавательского состава и учебно-вспомогательного персонала, присутствующих в лаборатории, общее количество обучающихся не должно превышать 16 человек в группе.