

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Химический факультет  
Кафедра физической химии

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по научно-методической  
и учебной работе

*Е.И. Скафа*  
« 22 » *апреля* 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая химия  
(курсовая работа)

Направление подготовки:	04.03.01 Химия
Профиль подготовки:	—
Образовательная программа:	бакалавриат
Квалификация:	академический бакалавр
Форма обучения:	<u>очная</u> , очно-заочная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан химического факультета

А.В. Белый

« 16 » апреля 2020 г.



Программа учебной дисциплины «Физическая химия» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 04.03.01 Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 454 от «20» апреля 2016 г.;

Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.;

учебного плана и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 04.03.01 Химия, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Доцент кафедры физической химии,  
к.х.н., доцент

Н.И. Белая

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры физической химии

Протокол № 13 от «28» марта 2020 г.

Заведующий кафедрой

В.М. Михальчук

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией химического факультета

Протокол № 3 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета

Н.В. Яблочкова

## 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Курс «Физическая химия» входит в базовую часть профессионального цикла дисциплин подготовки студентов ОП Бакалавр по направлению подготовки 04.03.01 Химия. Дисциплина реализуется на химическом факультете ДонНУ кафедрой физической химии. Основывается на базе дисциплин: «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Органическая химия», «Математика», «Физика». Является основой для изучения следующих дисциплин: «Высокомолекулярные соединения», «Химия коллоидных и наносистем», «Химическая технология», «Электрохимия», «Методы исследования фазовых равновесий», «Природные антиоксиданты».

## 2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Специальность	04.03.01 Химия	
Специализация		
Образовательная программа	Бакалавриат	
Квалификация	Академический бакалавр	
Количество содержательных модулей	1	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	Базовая часть профессионального блока	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	Экзамен, экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	2	
Год подготовки	3	
Семестр	6	
Количество часов		
- лекционных		
- практических, семинарских		
- лабораторных		
- самостоятельной работы	72	
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,		
в т.ч. аудиторных		

## 3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели:

- *педагогическая* – подготовка специалистов-химиков, которые умеют применять все возможности современной физической химии для решения текущих химических проблем;
- *дидактическая* – усвоение знаний, предусмотренных программой, благодаря целенаправленному сотрудничеству преподавателя и студента;
- *методическая* – выделить главное звено в каждой теме, что будет способствовать формированию основных понятий по курсу, формированию знаний в результате

активизации познавательной деятельности студентов, применение различных методов активного обучения.

**Задача:**

- 1) раскрыть физический смысл основных законов физической химии, научить студента видеть области применения этих законов при решении конкретных химических проблем;
- 2) выделить методологически важные вопросы химии и на конкретных примерах показать взаимосвязь физической химии с другими дисциплинами химического и естественно-научного циклов.
- 3) развитие умений, которые помогут грамотно применять теоретические законы химии при решении различных задач, проводить расчеты выхода продуктов химической реакции, пользоваться современными справочниками термодинамических данных для расчета констант равновесия, обоснованно проводить оценки термодинамических величин, использовать результаты различных диаграмм состояния, рассчитывать кинетические параметры химических процессов – константы скорости, энергии активации, составлять кинетические уравнения для заданного механизма химического процесса и др.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** Процесс изучения дисциплины «Физическая химия» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО ДНР по направлению подготовки 04.03.01 Химия и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 04.03.01 Химия:

**а) общекультурных (ОК):**

- способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);
- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7).

**б) общепрофессиональных (ОПК):**

- способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач (ОПК-1);
- владением навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ОПК-2);
- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-3);
- знанием норм техники безопасности и умением реализовать их в лабораторных и технологических условиях (ОПК-6).

**в) профессиональных (ПК):**

**научно-исследовательская деятельность**

- способностью выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам (ПК-1);
- владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований (ПК-2);
- владением системой фундаментальных химических понятий (ПК-3);
- способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов (ПК-4);
- способностью получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологии (ПК-5);
- владением навыками представления полученных результатов в виде кратких отчетов и презентаций (ПК-6);
- владением методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств (ПК-7).

**производственно-технологическая деятельность**

- способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач (ПК-8).

**организационно-управленческая деятельность:**

- способностью принимать решения в стандартных ситуациях, брать на себя ответственность за результат выполнения заданий (ПК-12).

**В результате изучения учебной дисциплины студент должен**

**знать:**

- основные законы и понятия физической химии;
- понимать принципиальные возможности применения методов исследования физической химии для решения конкретных химических проблем.

**уметь:**

- анализировать физические и химические явления и процессы;
- применять законы для предсказания направления протекания процесса;
- обосновывать, анализировать химический эксперимент;
- рассчитывать изменение энергии для различных процессов, выход продуктов, реакционную способность молекул веществ;
- строить соответствующие графики, таблицы, диаграммы, описывающие конкретные процессы и явления.

**владеть:**

- методами исследования физической химии для решения конкретных химических проблем;
- законами для предсказания направления протекания процесса;
- методами анализа химического эксперимента;
- методами расчета изменения энергии для различных процессов, выхода продуктов, реакционной способности молекул веществ;
- методами определения скорости и константы скорости химической и электрохимической реакций.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и наименование темы	Краткое содержание темы
<b>Содержательный модуль 2 «Химическая кинетика и катализ»</b>	
<b>Тема 1.</b> Формальная кинетика.	Предмет химической кинетики. Скорость и константа скорости химической реакции. Основной постулат химической кинетики. Порядок и молекулярность реакции. Необратимые реакции. Реакции нулевого порядка. Мономолекулярная необратимая реакция первого порядка. Бимолекулярная необратимая реакция второго порядка. Необратимая реакция n-го порядка. Методы определения общего порядка реакции. Методы определения порядка реакции по веществу. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса.
<b>Тема 2.</b>	Принципы, лежащие в основе кинетики сложных

Кинетика сложных реакций.	реакций. Обратимые реакции. Мономолекулярная обратимая реакция первого порядка. Параллельные реакции. Последовательные реакции. Приближенные методы химической кинетики: метод квазистационарных концентраций; метод квазистационарного равновесного приближения.
<b>Тема 3.</b> Теоретические представления химической кинетики.	<p>Теория активных столкновений. Применение молекулярно-кинетической теории идеальных газов в химической кинетике. Эффективный диаметр столкновения. Гипотеза активных столкновений. Применение теории столкновений к бимолекулярной реакции. Расчет константы скорости.</p> <p>Теория переходного состояния. Поверхность потенциальной энергии. Активный комплекс и координата реакции. Профиль пути реакции. Вывод основного уравнения теории активного комплекса для бимолекулярных реакций. Свободная энергия активации. Сравнение теории активных столкновений и теории активного комплекса.</p> <p>Моно- и тримолекулярные реакции в теории столкновений и активного комплекса. Мономолекулярные реакции по теории активных столкновений и их бимолекулярный механизм активации. Мономолекулярные реакции и теория активного комплекса. Тримолекулярные реакции в теории столкновений и активного комплекса.</p> <p>Реакции в растворах. Применение теории активных столкновений к реакциям в растворе. Реакции в растворе и теория активного комплекса. Уравнение Бренстеда-Бьеррума. Влияние ионной силы на скорость реакции.</p>
<b>Тема 4.</b> Кинетика цепных и фотохимических реакций.	<p>Основные стадии цепной реакции. Длина цепи и звено цепи. Кинетика неразветвленных цепных реакций на примере реакции образования фосгена. Разветвленные цепные реакции. Полуостров воспламенения.</p> <p>Стадии фотохимической реакции. Законы фотохимии. Квантовый выход. Основные типы фотохимических реакций. Различия между фотохимическими и темновыми реакциями.</p>
<b>Тема 5.</b> Гомогенный катализ.	Понятие катализа и катализатора. Виды катализа. Каталитическая активность. Гомогенные каталитические реакции. Основы гомогенного катализа по Шпитальскому. Общий кислотно-основной катализ. Первичный и вторичный солевые эффекты. Специфический кислотно-основной катализ. Функция кислотности Гаммета.
<b>Тема 6.</b> Гетерогенный катализ.	Гетерогенный катализ. Основные стадии гетерогенной каталитической реакции. Характерные черты гетерогенного катализа. Активация в гетерогенных каталитических реакциях. Активированная адсорбция. Кинетическая и диффузионная области гетерогенно-каталитического

	<p>процесса. Кинетика гетерогенных каталитических реакций в статических условиях. Истинная и кажущаяся энергии активации гетерогенных химических реакций.</p> <p>Теории гетерогенного катализа. Активные центры гетерогенных катализаторов. Мультиплетная теория катализа. Теория активных ансамблей. Катализаторы на носителях. Адсорбционные катализаторы. Каталитические свойства переходных металлов периодической системы.</p>
<p><b>Тема 7.</b> Ферментативный катализ.</p>	<p>Ферменты и их основная классификация. Основные стадии ферментативной реакции. Фермент-субстратный комплекс. Основы кинетики ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментена и способы его проверки.</p>

### Тематический план

	Содержательный модуль 1											
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
<b>Тема 11.</b> Формальная кинетика.	10				10							
<b>Тема 12.</b> Кинетика сложных реакций.	12				12							
<b>Тема 13.</b> Теоретические представления химической кинетики.	10				10							
<b>Тема 14.</b> Кинетика цепных и фотохимических реакций.	10				10							
<b>Тема 15.</b> Гомогенный катализ.	10				10							
<b>Тема 16.</b> Гетерогенный катализ.	10				10							
<b>Тема 17.</b> Ферментативный катализ.	10				10							
<b>Итого по 2 содержательному модулю</b>	<b>72</b>				<b>72</b>							

**5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**  
(не предусмотрены программой)

**6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**Организация самостоятельной работы студентов**

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Формальная кинетика.	10
2	Кинетика сложных реакций.	12
3	Теоретические представления химической кинетики.	10
4	Кинетика цепных и фотохимических реакций.	10
5	Гомогенный катализ.	10
6	Гетерогенный катализ.	10
7	Ферментативный катализ.	10
	<b>ВСЕГО</b>	<b>72</b>

**7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**  
(не предусмотрены программой)

**8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

**Раздел «Химическая кинетика и катализ»**

1. Определить понятие средней и истинной скорости химической реакции.
2. Определить основной постулат химической кинетики, физический смысл константы
3. Определить понятия порядка и молекулярности химической реакции.
4. Проанализировать кинетику реакций нулевого порядка. Вывести дифференциальное уравнение скорости и интегральное уравнение константы скорости реакции
5. Проанализировать кинетику необратимых реакций первого порядка. Вывести дифференциальное уравнение скорости и интегральное уравнение константы скорости реакции.
6. Вывести дифференциальное уравнение скорости и интегральное уравнение константы скорости реакции (метод неопределенных коэффициентов). Определить зависимость периода полураспада от концентрации исходных веществ.
7. Вывести дифференциальное уравнение скорости и интегральное уравнение константы скорости реакции. Определить зависимость периода полураспада от концентрации исходных веществ.
8. Вывести дифференциальное уравнение скорости и интегральное уравнение константы скорости реакции. Определить зависимость периода полураспада от концентрации исходных веществ.
9. Проанализировать методы определения общего порядка реакции (метод подстановки, графический и по периоду полураспада вещества).
10. Проанализировать методы определения порядка реакции по веществу (метод избытка, дифференциальный метод Вант-Гоффа и интегральный метод Оствальда-Нойеса).

11. Проанализировать зависимость скорости реакции от температуры. Определить правило Вант-Гоффа. Оценить величину температурного коэффициента.
12. Вывести три формы уравнения Аррениуса. Дать оценку графическому и аналитическому методам определения энергии активации.
13. Определить принципы, лежащие в основе кинетики сложных реакций.  
Проанализировать кинетику обратимой реакции первого порядка типа  $A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} B$ .
14. Проанализировать кинетику двух параллельных реакций первого порядка типа  $A \xrightarrow{k_1} B; A \xrightarrow{k_2} C$ . Вывести дифференциальное уравнение скорости и интегральные уравнения для констант скоростей первой и второй реакций.
15. Проанализировать кинетику последовательной реакции типа  $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ . Вывести основные кинетические уравнения данной реакции. Дать оценку состоянию переходного и векового равновесий.
16. Проанализировать приближенные методы химической кинетики (методы квазистационарных концентраций и квазиравновесного приближения).
17. Оценить роль эффективного диаметра столкновения. Проанализировать гипотезу активных столкновений Аррениуса.
18. Обосновать применение теории столкновений к бимолекулярным реакциям. Вывести уравнение для константы скорости.
19. Определить понятия поверхности потенциальной энергии, активного комплекса, координаты реакции и профиля пути реакции.
20. Обосновать применение теории активного комплекса к бимолекулярным реакциям. Вывести уравнение для константы скорости.
21. Определить понятие свободной энергии активации. Вывести уравнение Эйринга.
22. Обосновать бимолекулярный механизм активации мономолекулярных реакций с точки зрения теории активных столкновений. Проанализировать кинетическую схему Линдемана.
23. Обосновать применение теории активного комплекса к мономолекулярным реакциям. Вывести уравнение для константы скорости.
24. Дать оценку механизму и кинетике тримолекулярных реакций с точки зрения теории столкновений и активного комплекса.
25. Проанализируйте кинетику реакций в растворах с точки зрения теории столкновений и активного комплекса.
26. Дать оценку влиянию ионной силы раствора на скорость химической реакции. Вывести уравнение Бренстеда-Бьеррума.
27. Дать оценку основным стадиям цепной реакции. Определить понятия длины цепи, звена цепи, среднего числа активных частиц и длины ветви.
28. Проанализировать кинетику неразветвленных цепных реакций на примере образования фосгена.
29. Дать оценку разветвленным цепным реакциям. Определить понятие полуострова воспламенения.
30. Дать оценку основным стадиям фотохимической реакции. Определить законы фотохимии.
31. Дать оценку понятию квантового выхода. Проанализировать типы фотохимических реакций. Определить отличия между темновыми и фотохимическими реакциями.
32. Проанализировать стадийный механизм и кинетику гомогенных каталитических реакций.
33. Проанализировать слитный механизм и кинетику гомогенных каталитических реакций на примере распада пероксида водорода по Шпитальскому.
34. Дать оценку основным стадиям гетерогенного каталитического процесса. Обосновать причины протекания процесса в кинетической и диффузионной областях.

35. Проанализировать характерные черты гетерогенного катализа (сродство и селективность катализатора, смешанные катализаторы, явления отравления и промотирования катализатора).
36. Обосновать причины активации в гетерогенных каталитических процессах на примере профилей путей некаталитической гомогенной и каталитической гетерогенной реакций. Определить понятия истинной и кажущейся энергий активации.
37. Проанализировать кинетику гетерогенных каталитических реакций в статических условиях. Обосновать причины появления кажущихся порядков реакции.
38. Вывести взаимосвязь истинной и кажущейся энергий активации гетерогенных химических реакций.
39. Доказать наличие активных центров в гетерогенных катализаторах (явления адсорбции и отравления катализатора, теория активных центров Тейлора).
40. Определить основные положения мультиплетной теории катализа Баландина и теории активных ансамблей Кобозева.
41. Дать оценку катализаторам на носителях и адсорбционным катализаторам. Проанализировать каталитические свойства переходных металлов.
42. Определить понятия ферментативного катализа и фермента. Проанализировать классификацию ферментов. Оценить влияние внешних факторов на активность фермента.
43. Проанализировать кинетику ферментативной реакции типа 
$$S + E \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} ES \xrightarrow{k_2} P + E$$
. Вывести уравнение Михаэлиса-Ментена и определить методы его проверки.

## 9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Химический факультет

Направление подготовки:	<b>04.03.01 Химия</b>
Программа подготовки:	<b>бакалавриат</b>
Семестр	<b>6</b>
Учебная дисциплина	<b>Физическая химия</b>

### МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА по теме «Формальная кинетика.»

1. Определить понятие средней и истинной скорости химической реакции.
2. Проанализировать кинетику необратимых реакций первого порядка. Вывести дифференциальное уравнение скорости и интегральное уравнение константы скорости реакции.

Утверждено на заседании кафедры физической химии,  
протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой  
Преподаватель

_____	В.М. Михальчук
_____	Н.И. Белая

### Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
1	25
2	25
<i>Всего</i>	50

### 10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

*(не предусмотрен программой)*

### 11. ОБРАЗЕЦ ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

—

### 12. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

*Распределение баллов, которые могут получить студенты  
в процессе изучения дисциплины*

Текущий контроль	Промежуточная аттестация	Всего
Устный доклад по курсовой работе	Курсовая работа	100 баллов
max 50 баллов	max 50 баллов	

### *Шкала соответствия баллов национальной шкале*

Сумма баллов по 100 балльной шкале	По шкале ECTS	По государственной шкале	При оценке экзамена преподаватель руководствуется следующими принципами
90–100	A	«Отлично» (5)	показаны систематические и глубокие знания при ответе на все вопросы билета, понимание физической сущности проблемы
80–89	B	«Хорошо» (4)	показаны систематические и глубокие знания при ответе на все вопросы билета, понимание физической сущности проблемы, но при ответе допущены некоторые ошибки и неточности
75–79	C		показаны систематические знания при ответе на все вопросы билета, но при ответе допущены некоторые ошибки и неточности
70–74	D	«Удовлетворительно» (3)	показаны несистематические и неглубокие знания при ответе на вопросы билета, при ответе допущено несколько ошибок, исправленных самим студентом

60–69	Е		поверхностные знания при ответе на вопросы билета, допущено ряд неточностей, которые студент не в состоянии самостоятельно исправить
35–59	FX	«Неудовлетворительно» с возможностью повторной аттестации (2)	нет ответов на основные вопросы билета, нет ответов на дополнительные и наводящие вопросы
0-34	F	«Неудовлетворительно» (2) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	выполнение менее 30 % обязательных заданий; неумение раскрыть основное содержание задания; неспособность формулировать выводы.

### 13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Дополнительное обеспечение: Wi-Fi доступ в корпусах университета, текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета.

### 14. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<i>Основная литература</i>			
1.	Практикум по химической кинетике и катализу / Н.И. Белая, А.В. Белый, Л.М. Пронько, Т.Б. Полищук. Учебно-методическое пособие. - Донецк: ДонНУ, 2013 – 128 с.	17	+
2.	Лабораторный практикум по химической кинетике и катализу: учебное пособие / Н. И. Белая, А. В. Белый, Л. М. Пронько., Т. Б. Полищук. – Донецк: ГОУ ВПО «ДонНУ», 2018. – 137 с.	1	+
<i>Дополнительная литература</i>			
3.	Физическая химия: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения / В.А. Умрихин — М.: «КДУ», «Добросвет», 2018.	Электронный ресурс	+ (Book on Lime)

### 15. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

—

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры физической химии с изменениями (без изменений) на 20\_\_\_\_\_ год.

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

В.М. Михальчук