

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Химический факультет  
Кафедра биохимии и органической химии



П.А. Машаров

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**СЛОЖНЫЕ РЕАКЦИИ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ: КИНЕТИКА И  
КАТАЛИЗ**

Укрупненная группа направлений подготовки	04.00.00 Химия
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	04.04.01 Химия
Магистерская программа	Химия
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная, очно-заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Сложные реакции в органической химии: кинетика и катализ» для обучающихся по направлению подготовки 04.04.01 Химия (Магистерская программа: Химия), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

к.х.н., доцент кафедры биохимии и органической химии

С.Г. Бахтин

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры биохимии и органической химии.  
Протокол от 26.03.2024 г. № 9

Заведующий кафедрой

О.В. Баранова

СОГЛАСОВАНО:

Декан химического факультета  
28.03.2024 г.

С.Г. Бахтин

Учебно-методическая комиссия химического факультета  
Протокол от 27.03.2024 г. № 2  
Председатель

Р.И. Лыга

Руководитель основной профессиональной образовательной программы,  
д-р хим. наук, проф.  
28.03.2024 г.

А.С. Алемасова

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Органическая химия, Физическая химия.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Механизмы ферментативного катализа, Производственная практика: научно-исследовательская работа (обязательная), Производственная практика: преддипломная практика (обязательная).

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	04.04.01 Химия (Магистерская программа: Химия)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.5 Сложные реакции в органической химии: кинетика и катализ
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

### 2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	1	2	13	26		69	108	экзамен
Очно-заочная	2	3	3	6		99	108	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

На основе изучения теоретических основ кинетики и катализа сложных химических процессов, методологии формально-кинетического исследования сформировать у магистрантов углубленные представления о практических приемах проведения кинетических исследований сложных реакций, каталитических процессов, обработки полученных кинетических данных и возможностях применения полученных знаний для решения новых научных и практических задач в области кинетики и катализа.

## 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-1. Способен выбирать	ПК-1. И-1. Выбирает	Знает: основные типы сложных реакций и теоретические основы описания их кинетики,

использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности	технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач, готовит объекты исследования	основные методы кинетических исследований; Умеет: сопоставить полученные экспериментальные результаты с теоретическими положениями, сделать выводы по результатам проведенной экспериментальной работы; Владеет: навыками проведения математической обработки полученных кинетических данных
--	--	--

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Тема	Краткое содержание темы (вопросы темы)
<b>Раздел 1. Сложные некаталитические реакции</b>	
1. Основные понятия, принципы и методы кинетики сложных реакций	1.1. Представление о сложных реакциях. 1.2. Основные принципы кинетики сложных реакций 1.3. Приближенные методы химической кинетики
2. Основные типы сложных реакций	2.1. Обратимые реакции. 2.2. Параллельные реакции 2.3. Последовательные реакции первого порядка. 2.4. Кинетическая схема $n$ последовательных реакций 1-го порядка. 2.5. Кинетика сопряженных реакций.
3. Фотохимические реакции	3.1. Законы фотохимии. 3.2. Кинетика фотохимических реакций. 3.3. Кинетика флуоресценции. 3.4. Кинетическая схема Штерна-Фольмера.
4. Цепные реакции	4.1. Основные стадии цепных неразветвленных реакций. 4.2. Способы осуществления стадий цепных реакций. 4.3. Кинетика цепных неразветвленных реакций. Линейный и квадратичный обрыв.
<b>Раздел 2. Каталитические реакции</b>	
5. Основные понятия и особенности кинетики каталитических реакций	5.1. Общие представления о катализаторах и механизмах катализа. 5.2. Основные характеристики и свойства катализаторов. 5.3. Особенности энергетического профиля каталитических реакций. 5.4. Общая кинетическая схема каталитической реакции. Промежуточные продукты Аррениуса и Вант-Гоффа.
6. Кислотно-основной катализ	6.1. Кинетика реакций специфического кислотного и основного катализа. 6.2. Кинетика реакций общего кислотного и основного катализа. 6.3. Экспериментальная дифференциация механизмов общего и специфического катализа.

	6.4. Уравнения Бренстеда и соотношения линейности. 6.5. Солевые эффекты в катализе. 6.6. Общие представления о нуклеофильном и электрофильном катализе. Кинетическое уравнение скорости. 6.7. Факторы, определяющие эффективность катализа и отличающие нуклеофильный и основной катализ. 6.8. Общие представления о бифункциональном катализе.
7. Ферментативный катализ	7.1. Общие представления о ферментативном катализе. Механизм ферментативного катализа. 7.2. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Способы определения констант в уравнении Михаэлиса-Ментен. 7.3. Основные типы ингибирования ферментативных реакции, их кинетическое описание.
8. Гетерогенный катализ	8.1. Представление о гетерогенном катализе, стадии гетерогенной каталитической реакции. 8.2. Роль адсорбции в гетерогенно-каталитических реакциях, изотермы адсорбции Ленгмюра. 8.3. Моно- и полимолекулярная адсорбция. 8.4. Кинетика гетерогенных каталитических реакций в условиях адсорбционного равновесия. 8.5. Основные направления в развитии теории гетерогенно-каталитического акта.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
<b>Раздел 1</b>	<b>7</b>	<b>14</b>		<b>36</b>	<b>57</b>
1. Основные понятия, принципы и методы кинетики сложных реакций	1			9	10
2. Основные типы сложных реакций	4	10		9	23
3. Фотохимические реакции	1	2		9	12
4. Цепные реакции	1	2		9	12
<b>Раздел 2</b>	<b>6</b>	<b>12</b>		<b>33</b>	<b>51</b>
5. Основные понятия и особенности кинетики каталитических реакций	1			8	9
6. Кислотно-основной катализ	2	7		8	17
7. Ферментативный катализ	1	2		8	11
8. Гетерогенный катализ	2	3		9	14

### 6.2. Форма обучения – очно-заочная

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
<b>Раздел 1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>48</b>	<b>52</b>
1. Основные понятия, принципы и методы кинетики сложных реакций	1			12	1
2. Основные типы сложных реакций	1	2		12	15
3. Фотохимические реакции				12	12

4. Цепные реакции				12	12
<b>Раздел 2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>		<b>51</b>	<b>56</b>
5. Основные понятия и особенности кинетики каталитических реакций	1			12	13
6. Кислотно-основной катализ		2		12	14
7. Ферментативный катализ		2		14	16
8. Гетерогенный катализ				13	13

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

1. Основные постулаты кинетики сложных реакций. Методы стационарных концентраций и квазистационарного приближения.
2. Обратимые реакции первого порядка, интегральное кинетическое уравнение
3. Параллельные односторонние реакции.
4. Односторонние последовательные реакции, основные кинетические уравнения.
5. Кинетическая схема, дифференциальные и интегральные уравнения для случая  $n$  последовательных реакций 1-го порядка.
6. Фотохимические реакции. Кинетика фотохимических реакций. Принцип фотохимической эквивалентности.
7. Основные законы, описывающие фотохимические процессы. Первичные и вторичные фотохимические процессы. Квантовый выход реакции.
8. Кинетика флуоресценции.
9. Цепные процессы. Основные стадии, их примеры для различных классов органических реакций.
10. Кинетика неразветвленных цепных реакций. Звено и средняя длина цепи.
11. Типы реакций обрыва цепи, кинетические уравнения для них.
12. Ингибиторы цепных реакций и их основные типы.
13. Ускорение реакций путем инициирования и катализа. Различие между иницированными (цепными, фотохимическими) и каталитическими процессами.
14. Общая кинетическая схема каталитической реакции. Кинетические уравнения гомогенных каталитических реакций. Промежуточные продукты Аррениуса и Вант-Гоффа.
15. Понятие об автокаталитических реакциях, основные кинетические уравнения.
16. Общий и специфический кислотно-основной катализ. Кинетические уравнения.
17. Уравнения Бренстеда и соотношения линейности.
18. Солевые эффекты в катализе.
19. Факторы, определяющие эффективность катализа и отличающие нуклеофильный и основной катализ.
20. Принцип ЖМКО.
21. Понятие о ферментативных реакциях. Кинетическое уравнение скорости для ферментативного катализа. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Константа Михаэлиса.
22. Основные типы ингибирования ферментативных реакций, определение кинетических констант в этих случаях.
23. Представление о гетерогенном катализе, стадии гетерогенной каталитической реакции.

24. Роль адсорбции в гетерогенно-каталитических реакциях, изотермы адсорбции Лэнгмюра.
25. Нелэнгмюровские изотермы адсорбции Изотермы полимолекулярной адсорбции, уравнение полимолекулярной адсорбции БЭТ
26. Кинетика гетерогенных каталитических реакций в условиях адсорбционного равновесия.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

**Индивидуальное задание по теме «Нуклеофильный катализ» (ИЗ 2)**

Кинетика реакции бензойной кислоты ( $[\text{RCOOH}]_0 = 0,276$  моль/л) с эпихлоргидрином ( $[\text{Y}]_0 = 12,27$  моль/л) в присутствии нуклеофильного катализатора 3-нитробензоат тетраэтиламмония (Kat) описывается следующими данными:

[Kat] = 0,00250 моль/л		[Kat] = 0,00375 моль/л		[Kat] = 0,00500 моль/л	
t, с	Расход, к-ты %	t, с	Расход, к-ты %	t, с	Расход, к-ты %
3600	25,5	2700	26,6	1800	24,9
5400	38,2	3600	37,6	2880	36,6
7200	49,5	4500	44,6	3600	46,6
9000	59,3	5400	54,2	5400	65,6
10800	70,7	6300	61,7		
		7200	69,7		

Рассчитайте наблюдаемые, каталитическую и некаталитическую константы скорости.

**Индивидуальное задание по теме «Ферментативный катализ» (ИЗ 3)**

Определите из приведенных ниже данных тип ингибирования глутаматдегидрогеназы салицилатом, концентрация которого составляет  $0,040$  моль/дм<sup>3</sup> и поддерживается постоянной. Вычислите кинетические параметры и константу диссоциации фермент-ингибиторного комплекса.

$[\text{S}]_0 \cdot 10^3$ , моль/дм <sup>3</sup>	1,5	2,0	3,0	4,0	8,0	16
$v_0 \cdot 10^6$ , г/(дм <sup>3</sup> ·мин)	0,21	0,25	0,28	0,33	0,44	0,40
$v_{\text{I}} \cdot 10^6$ , г/(дм <sup>3</sup> ·мин)	0,08	0,10	0,12	0,13	0,16	0,18

**Индивидуальное задание по теме «Гетерогенный катализ» (ИЗ 4)**

Исследовалась кинетика процесса разложения  $\text{N}_2\text{O}$  на золотом катализаторе при  $900^\circ\text{C}$ . Получены следующие данные:

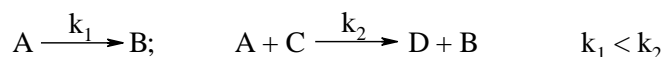
$p_{\text{N}_2\text{O}} \cdot 10^{-5}$ , Па	0,267	0,181	0,093	0,059
t, с	0	1800	4800	7200

Известно, что  $\text{N}_2\text{O}$  слабо сорбируется на Au, а продукты разложения не сорбируются совсем. Рассчитайте константу скорости данного процесса.

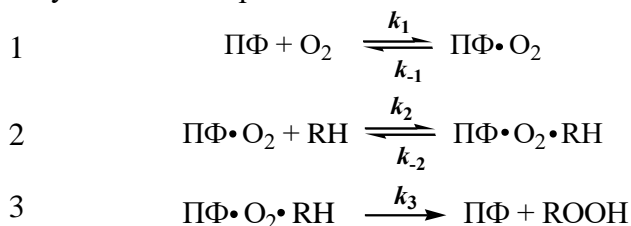
Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

**Образец КР**

1. Изобразите графически зависимость концентрации реагентов и продуктов реакции от времени:

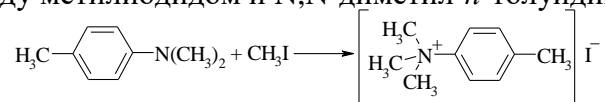


2. При окислении углеводорода RH на порфиринах металлов (ПФ) предполагалась следующая схема реакции:



Выведите кинетическое уравнение для накопления продукта реакции ROOH: а) предполагая, что стадия (3) лимитирующая; б) методом стационарных концентраций.

3. Для реакции между метилиодидом и N,N-диметил-*n*-толуидином

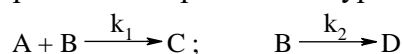


в растворе нитробензола получены следующие данные:

t, мин	10,2	26,5	36,0	58,0
x/C <sub>0</sub>	0,175	0,343	0,402	0,523

Начальные концентрации обоих реагентов равны 0,05 моль/л, продукт в процессе реакции отводится. Выведите кинетическое уравнение, описывающее кинетическую кривую, и рассчитайте константу скорости прямой реакции. Если продукт реакции не отводится, то реакция является равновесной (K=69,8), рассчитайте константу скорости обратной реакции.

4. В системе идут две параллельные реакции по уравнениям:



Исходные концентрации веществ А и В равны [A]<sub>0</sub>=[B]<sub>0</sub>=1,33·10<sup>4</sup> Па. Давление зависит от времени:

Время, с	0	20	40	60	90	120
Δр, Па	0	213	427	640	960	1226

В момент времени, когда Δр = 5,2·10<sup>3</sup> Па, реакция была приостановлена. При этом [B] = 3,7·10<sup>3</sup> Па. Определите k<sub>1</sub> и k<sub>2</sub>.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

### ФБГОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Химический факультет

Направление подготовки:

**04.04.01 Химия**

Магистерская программа:

**Химия**

Программа подготовки:

**академическая магистратура**

Семестр

**II**

Учебная дисциплина

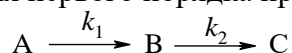
**Сложные реакции в органической химии:  
кинетика и катализ**

### БИЛЕТ № 1

1. Ингибиторы цепных реакций и их основные типы.

2. Общая кинетическая схема каталитической реакции. Кинетические уравнения гомогенных каталитических реакций. Промежуточные продукты Аррениуса и Вант-Гоффа.

3. Последовательная реакция первого порядка протекает по схеме:



Используя данные начальной концентрации исходного вещества  $[A]_0 = 2,5$  моль/л и констант  $k_1 = 0,2 \text{ мин}^{-1}$ ,  $k_2 = 0,16 \text{ мин}^{-1}$ , вычислите:

- 1) коэффициенты максимума кривой  $[B] = f(t)$  (максимальную концентрацию промежуточного продукта В и время ее достижения);
- 2) координаты точки перегиба кривой  $[C] = f(t)$ , соответствующей  $t_{\max}$ ;
- 3) время ( $t_1$ ) достижения концентрации исходного вещества  $[A]_1 = 0,25$  моль/л;
- 4) концентрации  $[B]_1$  и  $[C]_1$  в момент времени  $t_1$ ;
- 5) время ( $t_2$ ), за которое концентрация промежуточного вещества  $[B]_2$  станет равной 0,2 моль/л;
- 6) концентрации  $[B]_2$  и  $[C]_2$  в момент времени  $t_2$ ;
- 7) точку пересечения кривых  $[A] = f(t)$  и  $[B] = f(t)$ ; концентрацию  $[C]$  в этот момент;
- 8) на основании полученных данных постройте график  $[B]$  ( $[A]$ ,  $[C]$ ) =  $f(t)$ .

Утверждено на заседании кафедры биохимии и органической химии

Протокол № \_\_\_\_\_ от „\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ года

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

## 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Выполнение лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы	30
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале
-------------------	------	------------------------------

из 100		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;

– в форме электронного документа.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой и доской. Лабораторные занятия проводятся в учебной лаборатории «Кинетика и механизмы органических реакций», оснащенной специальным лабораторным оборудованием, столами, доской.

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. Бахтин, С. Г. Катализ в органической химии. Кинетика каталитических реакций : учебное пособие. / С. Г. Бахтин, Т. Г. Тюрина, М. А. Синельникова ; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДОННУ, 2016. – 119 с. – Текст: электронный.
2. Тюрина, Т. Г. Кинетика каталитических реакций. Сборник задач для самостоятельной работы : учебное пособие. / Т. Г. Тюрина, М.А. Синельникова, С. Г. Бахтин; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДОННУ, 2020. – 102 с. – Текст: электронный.
3. Тюрина, Т. Г. Кинетика некаталитических сложных реакций : учебное пособие / Т. Г. Тюрина, М. А. Синельникова, С. Г. Бахтин; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДОННУ, 2020. – 129 с. – Текст: электронный.
4. Швед, Е. Н. Кинетика органических реакций. Кинетика сложных реакций.: лабораторный практикум / Е. Н. Швед, М. А. Синельникова, Ю. Н. Беспалько. – Донецк: ДонНУ, 2011. – 70 с. – Текст: непосредственный.
5. Черепанов, В. А. Химическая кинетика : учебное пособие / В. А. Черепанов, Т. В. Аксенова ; М-во образования и науки РФ, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : изд-во Урал. ун-та, 2016. – 132 с. – Текст: электронный.
6. Кинетика и катализ химических процессов : учебно-методическое пособие / М. В. Богданов, А. С. Почтовалова, А. В. Малков, Д. С. Косяков, Н. Л. Иванченко; Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2018. – 107 с. – Текст: электронный.

### *Дополнительная*

7. Лабораторный практикум по химической кинетике и катализу: учебное пособие / Н. И. Белая и др.; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДОННУ, 2018. – Текст: электронный.
8. Романовский, Б. В. Основы катализа : учебное пособие / Б. В. Романовский. – М : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 175 с. – Текст: электронный.
9. Романовский, Б. В. Основы химической кинетики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. В. Романовский. – М : Экзамен, 2006. – 418 с. – Текст: электронный.
10. Байрамов, В. М. Основы химической кинетики и катализа. Под ред. акад. РАН В.В. Лунина : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. М. Байрамов. М.: Изд. центр "Академия", 2003. 256 с. – Текст: непосредственный.
11. Семиохин, И. А. Кинетика химических реакций : учебное пособие / И. А. Семиохин, Б. В. Страхов, А. И. Осипов. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 351 с. – Текст: непосредственный.
12. Панченков, Г. М. Химическая кинетика и катализ : учебное пособие для студентов химических и химико-технологических специальностей вузов / Г. М. Панченков, В. П. Лебедев. – 3-е изд. - М. : Химия, 1985. - 592 с. – Текст: непосредственный.

13. Литвиненко, Л. М. Механизмы действия органических катализаторов. Основный и нуклеофильный катализ / Л. М. Литвиненко, Н. М. Олейник. – К.: Наукова думка, 1984. – 264 с. – Текст: непосредственный.

## 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

## 13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).