

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

«29» марта 2024 г.

МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА»

Укрупненная группа направлений подготовки	04.00.00 Химия
Программа высшего образования	Программа специалитета
Специальность	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Квалификация	Химик. Преподаватель химии
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Стратегия и тактика органического синтеза» для обучающихся по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 652 (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,
к.х.н, доц.
28.03.2024 г.

О.В. Баранова

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

базовая подготовка по химии в объёме программы средней школы;

дисциплины программы специалитета: Органическая химия, Физические методы исследования, Аналитическая химия, Физическая химия.

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

Основы научных исследований, Производственная практика: преддипломная, Производственная практика: научно-исследовательская работа.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ / ПРАКТИКИ / КУРСОВОЙ РАБОТЫ / ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.12 Стратегия и тактика органического синтеза
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	2 / 72

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	5	9	13	13		46	72	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение современных методов и подходов органического синтеза, а также формирование у студентов знаний и умений, позволяющих осуществлять как простые, так и сложные многостадийные синтезы различных органических соединений, в т. ч. красителей, биологически активных веществ, фармацевтических препаратов и т. п.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные	ПК-1. Выбирает экспериментальные и расчетно-	И-1. Знает: основные направления органического синтеза и биологически активных соединений и их применение в профессиональной деятельности, фундаментальные законы и основополагающие понятия органической

методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	химии, стереохимии, спектральных методов анализа, ретросинтетического анализа целевых молекул; типы стратегий в ретросинтетическом анализе; основные принципы выбора оптимального пути синтеза целевых молекул; современные методы функционализации органических соединений; основные теории, учения и концепции в области органического синтеза; фундаментальные законы и основополагающие понятия; Умеет: находить подходы к решению фундаментальных и прикладных задач в области органического синтеза, применять и использовать полученные знания в профессиональной деятельности; предлагать методику синтеза заданной целевой молекулы и проводить на практике многостадийный синтез, а также анализ и обработку экспериментальных результатов синтеза; Владеет: базовыми знаниями и практическими навыками в области органического синтеза, основными приемами работы на современном лабораторном оборудовании и приборах.
--	--	---

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Тема 1. Введение в органический синтез.	1.1. Органический синтез как учебная дисциплина: предмет, цели и задачи изучения. 1.2. Органический синтез как инструмент научного исследования. 1.3. Прикладное значение органического синтеза. 1.4. Вклад российских ученых в развитие синтетических методов органической химии и разработку технологии производств органических материалов
Тема 2. Реакции замещения.	2.1. Реакции замещения. Механизмы реакций замещения в органической химии. 2.2. Свободнорадикальное замещение S_R . 2.3. Нуклеофильное замещение S_N2 и S_N1 . 2.4. Электрофильное замещение в ароматическом ряду. 2.5. Нуклеофильное замещение в ароматическом ряду
Тема 3. Реакции присоединения.	3.1. Реакции присоединения. Механизмы реакций присоединения в органической химии. 3.2. Радикальное, электрофильное и нуклеофильное присоединение. 3.3. Циклоприсоединение.
Тема 4. Реакции элиминирования.	4.1. Реакции элиминирования.

	4.2. Механизмы реакций моно- и бимолекулярного элиминирования. 4.3. Конкуренция реакций замещения и элиминирования.
Тема 5. Окислительно-восстановительные реакции.	5.1. Реакции окисления-восстановления углеводов, их гомо- и гетерофункциональных производных в органической химии. 5.2. Выбор окислителя/восстановителя. 5.3. Селективность реакции
Тема 6. Защитные группы в органическом синтезе	6.1. Понятие защитной группы. Защита спиртов, фенолов, альдегидов/кетон, карбоновых кислот, аминов. 6.2. Устойчивость защитных групп. 6.3. Методы снятия защитных групп
Тема 7. Методы наращивания углеродной цепи	7.1. Основные типы реакций наращивания углеродного скелета. 7.2. Синтезы на базе металлоорганических соединений. 7.3. Реакции конденсации. 7.4. Перегруппировки в органическом синтезе. 7.5. Реакции циклоприсоединения.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 5, семестр – 9

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Тема 1. Введение в органический синтез.	1				1
Тема 2. Реакции замещения.	1	6		7	14
Тема 3. Реакции присоединения.	2			7	9
Тема 4. Реакции элиминирования.	2			7	9
Тема 5. Окислительно-восстановительные реакции.	2	3		7	12
Тема 6. Защитные группы в органическом синтезе	2			7	9
Тема 7. Методы наращивания углеродной цепи	3	4		11	18
ИТОГО ЗА КУРС	13	13		46	72

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Органический синтез как учебная дисциплина: предмет, цели и задачи изучения.
2. Органический синтез как инструмент научного исследования.
3. Прикладное значение органического синтеза.
4. Вклад российских ученых в развитие синтетических методов органической химии и разработку технологии производств органических материалов.

Раздел 2

5. Классификация реакций в органической химии.
6. Стратегия и тактика органического синтеза.
7. Реакции замещения.
8. Механизмы реакций замещения в органической химии.
9. Свободнорадикальное замещение.
10. Нуклеофильное замещение S_N2 и S_N1 .
11. Электрофильное замещение в ароматическом ряду.
12. Факторы, влияющие на механизм и скорость протекания реакций замещения.
13. Галогенирование алканов и алкилароматических соединений.
14. Образование и расщепление простых эфиров.
15. Реакции этерификации, переэтерификации и гидролиза сложных эфиров.
16. Синтез бромпроизводных ароматических соединений.

Раздел 3

17. Реакции присоединения.
18. Механизмы реакций присоединения в органической химии.
19. Радикальное, электрофильное и нуклеофильное присоединение.
20. Циклоприсоединение.
21. Факторы, влияющие на механизм и скорость протекания реакций замещения.
22. Правило Марковникова.
23. Эффект Хараша.
24. Присоединение галогенов, воды и протонных кислот к алкенам и алкинам.
25. Реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной группе.

Раздел 4

26. Реакции элиминирования.
27. Механизмы реакций моно- и бимолекулярного элиминирования.
28. Конкуренция реакций замещения и элиминирования.
29. Факторы, влияющие на механизм и скорость протекания реакций элиминирования.
30. Правило Зайцева.
31. Дегидратация спиртов.

Раздел 5

32. Окислительно-восстановительные реакции.
33. Реакции окисления-восстановления в органической химии.
34. Окисление углеводородов, спиртов и карбонильных соединений.
35. Восстановление алкенов и карбонильных соединений.

Раздел 6

36. Защита функциональных групп.
37. Методы защиты спиртовой группы.
38. Методы защиты фенольной группы.
39. Методы защиты карбонильной группы.
40. Методы защиты карбоксильной группы.
41. Методы защиты амино-группы.

Раздел 7

42. Методы наращивания углеродной цепи.
43. Создание С-С связей на базе металлоорганических соединений.
44. Создание С-С связей на базе реакций конденсации и родственных реакций

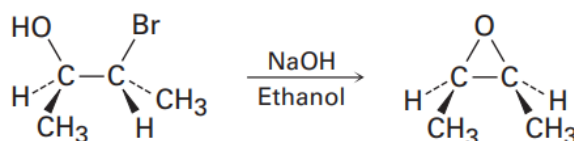
карбонильных соединений. Синтезы с использованием малонового и ацетоуксусного эфиров.

45. Создание С-С связей с использованием перегруппировок.
46. Перегруппировка Вагнера-Меервейна.
47. Перегруппировка Кляйзена.
48. Перегруппировка Коупа.
49. Перегруппировка Фаворского.
50. Перегруппировка Демьянова и Демьянова-Тищенко.
51. Перегруппировка Гофмана.
52. Перегруппировка Курциуса.
53. Перегруппировка Лоссена.
54. Перегруппировка Бекмана.
55. Методы построения циклических систем.
56. Построение трехчленных циклов.
57. Построение четырехчленных циклов.
58. Построение пятичленных циклов.
59. Построение шестичленных циклов.
60. Построение семичленных циклов и макроциклов.
61. Основные понятия ретросинтетического анализа: ретрон, синтон, трансформ.
62. Примеры ретросинтетического анализа органических соединений (природных веществ, лекарственных препаратов).

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Образец индивидуального задания № 1 (реакции замещения)

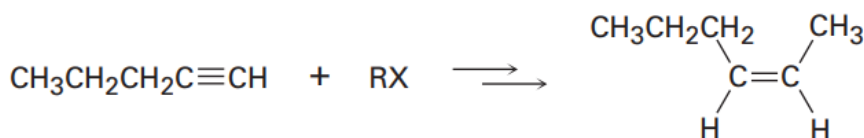
Бромгидрины превращаются в эпоксиды под действием оснований, например:



Предложите механизм этого взаимодействия.

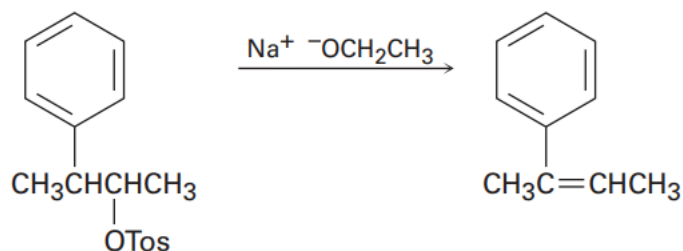
Образец индивидуального задания № 2 (реакции присоединения)

Исходя из 1-пентина и подходящего галогенпроизводного, предложите синтез *цис*-2-гексена в несколько стадий:



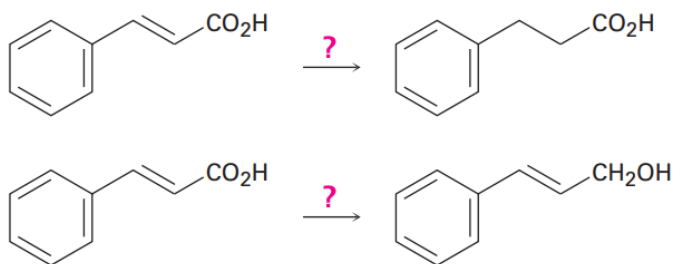
Образец индивидуального задания № 3 (реакции элиминирования)

Тозилат (2*R*,3*S*)-3-фенил-2-бутанола подвергается элиминированию под действием основания с преимущественным образованием (*Z*)-2-фенил-2-бутена, (*E*)-изомер практически не образуется. Объяснить этот факт, используя проекции Ньюмена.



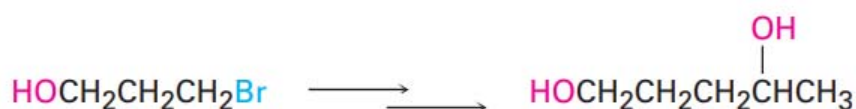
Образец индивидуального задания № 4 (окислительно-восстановительные реакции)

Проведите селективное восстановление соответствующей функциональной группы (может потребоваться не одна стадия):



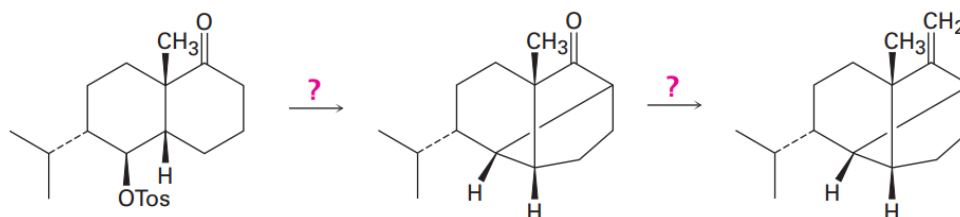
Образец индивидуального задания № 5 (защитные группы в синтезе)

Используя силильную защиту соответствующей функциональной группы, предложите путь синтеза целевого спирта через Mg-органические соединения:



Образец индивидуального задания № 6 (методы создания C-C и C=C связей)

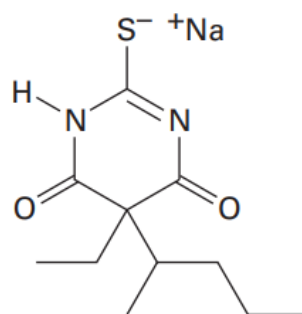
Ниже приведены две заключительные стадии лабораторного синтеза сативена – природного углеводорода, выделяемого из плесени *Helminthosporium sativum*. Допишите по одному реагенту над каждой из стрелок.



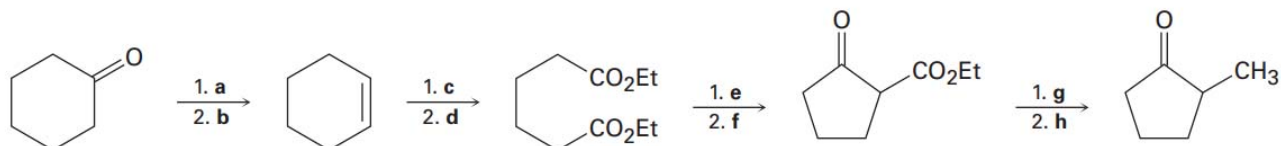
7.3. Образец итоговой контрольной работы по курсу (для зачета)

1. Иодирование ароматических соединений может быть проведено рядом реагентов, одним из которых является моноклорид иода ICl. Расставьте электронные эффекты в молекуле ICl и укажите направление поляризации. Предложите механизм электрофильного замещения в бензольном ядре под действием ICl.

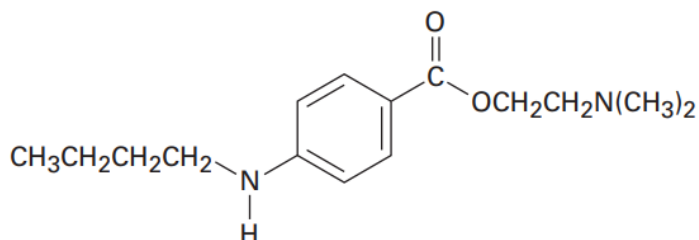
2. Пентотал натрия – средство для неингаляционного наркоза ультракороткого действия, известное в народе как «сыворотка правды». Имея в своем распоряжении малоновый эфир, тиомочевину, а также любые необходимые Вам галогенпроизводные, предложите синтез данного соединения.



3. Заполните отсутствующие реагенты **a-h** в представленной ниже схеме синтеза:



4. Тетракаин – препарат, используемый в качестве спинального анестетика.



Предложите синтез тетракаина: а) из соответствующего замещенного анилина ArNH_2 ; б) из *para*-нитробензойной кислоты; с) из бензола.

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
тема 1 – тема 7	Выполнение лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы	30
ИТОГО		50
Зачет (итоговая контрольная работа)		50
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		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

Учебные занятия проводятся на химическом факультете ДонГУ (г. Донецк, ул. Щорса, 17а). Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой и доской. Лабораторные занятия проводятся в лаборатории, содержащей необходимое для выполнения работ оборудование. В доступе имеются:

- Персональный компьютер
- Мультимедийный проектор
- Рефрактометр Аббе
- УФ-спектрофотометр
- Инфракрасный спектрометр UR-10 (ГУ ИНФОУ им. Л.М. Литвиненко)
- ЯМР-спектрометр Bruker 400 MHz (ГУ ИНФОУ им. Л.М. Литвиненко)
- Водоструйный и масляный насосы
- Технохимические весы
- Аналитические весы
- Дистиллятор
- Комплект специальной химической посуды
- Реактивы

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных.

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные в облачном хранилище университета. При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Органическая химия. Часть I. Номенклатура. Электронные эффекты. Углеводороды: практикум / М.А. Синельникова, С.Г. Бахтин, Т.Г. Тюрина; - Донецк : ГОУ ВПО «ДонНУ», 2020. – 140 с.
2. Бахтин С. Г. Основы стереохимии: учебное пособие / С. Г. Бахтин, М. А. Синельникова, Т. Г. Тюрина. – Донецк: ГОУ ВПО «ДонНУ», 2020. – 123 с.
3. Метод ЯМР ^1H в структурных исследованиях органических соединений : учебное пособие / С.Г. Бахтин, М.А. Синельникова, Т.Г. Тюрина. - Донецк : ГОУ ВПО «ДонНУ», 2021. – 86 с.

11.2. Дополнительная литература

1. Маки, Р. К. Путеводитель по органическому синтезу / Р. Маки, Д. Смит ; пер. с англ. Е. В. Ивойловой. - М. : Мир, 1985. - 352 с.
2. Смит, В. А. Органический синтез : Наука и искусство / В. А. Смит, А. Ф. Бочков, Р. Кейпл ; Пер. с англ. В. А. Смита, А. Ф. Бочкова. - М. : Мир, 2001. - 574 с.
3. Бочков, А. Ф. Органический синтез : цели, методы, тактика, стратегия / А. Ф. Бочков, В. А. Смит ; отв. ред. И. В. Торгов ; АН СССР. - Москва : Наука., 1987. - 304 с.
4. Иванов, В. Г. Органическая химия / В. Г. Иванов, В. А. Горленко, О. Н. Гева. - М. : Мастерство, 2003. – 620 с.

5. Ласло, П. Логика органического синтеза : В 2 т. Т. 1 : Теоретические представления и основные факты / П. Ласло ; Пер. с фр. Е. А. Ивановой под ред. М. Г. Гольдфельда. - М. : Мир, 1998. - 229 с.

6. Ласло, П. Логика органического синтеза : В 2 т. Т. 2 : Примеры и иллюстрации / Пер. с фр. Е. А. Ивановой под ред. М. Г. Гольдфельда. - М. : Мир, 1998. - 200 с.

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).