

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Хагуров Т.А.

«29» мая 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.08 ТОНКИЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ

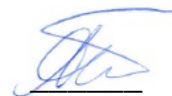
| | |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Направление подготовки | 04.03.01 Химия |
| Профиль подготовки | Органическая и биоорганическая химия |
| Форма обучения | очная |
| Квалификация выпускника | бакалавр |

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины «Тонкий органический синтез» составлена в соответствии с Федеральным государственным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.03.01 Химия (уровень бакалавриата)

Программу составил:

Беспалов А.В., канд. хим. наук



Рабочая программа утверждена на заседании кафедры органической химии и технологий

18.05.2020 г. протокол №8

И.о. заведующего кафедрой канд. хим. наук, доцент Кузнецова С.Л.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры органической химии и технологий

18.05.2020 г. протокол №8

И.о. заведующего кафедрой канд. хим. наук, доцент Кузнецова С.Л.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий 25.05.2020 г. протокол №5
председатель УМК ФХиВТ канд. хим. наук Беспалов А.В.



Рецензенты:

Дядюченко Л.В., канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории регуляторов роста растений ФБГНУ ВНИИБЗР

Буков Н.Н., д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии ФГБОУ ВО «КубГУ»

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины «Тонкий органический синтез» является освоение профессиональных знаний и получение профессиональных умений и навыков в области химического синтеза органических веществ различного строения.

1.2 Задачи дисциплины

Задачи учебной дисциплины «Тонкий органический синтез» состоят в изучении современных методов и подходов органического синтеза, а также формировании 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..

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Тонкий органический синтез» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Изучению данной дисциплины предшествует освоение дисциплин «Органическая химия» и «Стереохимия».

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих профессиональных компетенций (ПК):

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части) | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны | | |
|--------|--------------------|--|---|---|--|
| | | | знать | уметь | владеть |
| 1. | ПК-1 | Способен осуществлять стандартные операции по предлагаемым методикам, направленные на получение и исследование различных соединений и материалов | механизмы и особенности протекания важнейших реакций, используемых в органическом синтезе; базовые и специальные экспериментальные методы синтеза органических соединений различных | осуществлять ретросинтетический анализ структуры органических соединений сложного строения и подбирать наиболее успешные пути синтеза целевой молекулы; осуществлять как простые, так и сложные | методологией современной органической химии и органического синтеза; навыками ретросинтетического анализа и синтетического планирования; навыками выполнения базовых операций по |

| № п.п. | Индекс компет енции | Содержание компетенции (или её части) | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны | | |
|-----------|---------------------------|---|--|---|---|
| | | | знать | уметь | владеть |
| | | | классов | многостадийны е синтеза органических соединений различного строения, работая как самостоятельно , так и в составе группы | синтезу и выделению органических веществ различного строения |

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач. ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

| Вид учебной работы | | Всего часов | Семестры |
|---|--------------------------------------|----------------|--------------|
| | | | 7 |
| Контактная работа, в том числе: | | | |
| Аудиторные занятия (всего): | | 102 | 102 |
| Занятия лекционного типа | | 34 | 34 |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия) | | 68 | 68 |
| Иная контактная работа: | | | |
| Контроль самостоятельной работы (КСР) | | 6 | 6 |
| Промежуточная аттестация (ИКР) | | 0,3 | 0,3 |
| Самостоятельная работа (всего), в том числе: | | 45 | 45 |
| Оформление лабораторных работ | | 12 | 12 |
| Изучение теоретического материала | | 8 | 8 |
| Решение задач | | 8 | 8 |
| Подготовка к текущему контролю | | 17 | 17 |
| Контроль: | | | |
| Подготовка к экзамену | | 26,7 | 26,7 |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен) | | | экзамен |
| Общая трудоемкость | час. | 180 | 180 |
| | в том числе контактная работа | 108,3 | 108,3 |
| | зач. ед. | 5 | 5 |

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре.

| № разд ела | Наименование разделов | Количество часов | | | | |
|------------------|---|------------------|----------------------|----|-----------|--------------------------------|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | Внеаудиторная работа СРС |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. | Введение | 7 | 4 | | | 3 |
| 2. | Образование углерод- углеродных связей | 40 | 10 | | 20 | 10 |
| 3. | Реакции циклообразования | 24 | 6 | | 10 | 8 |
| 4. | Окислительно- восстановительные процессы в органическом синтезе | 24 | 6 | | 10 | 8 |
| 5. | Введение и взаимопревращения функциональных групп | 38 | 6 | | 22 | 10 |
| 6. | Защитные группы в органическом синтезе | 10 | 2 | | 6 | 6 |
| | Итого по дисциплине: | | 34 | | 68 | 45 |

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

| № | Наименование раздела | Содержание раздела | Форма текущего контроля |
|----|---|---|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Введение | Цели и задачи современного органического синтеза. Тонкий и тяжелый органический синтез. Новые синтетические подходы. Селективность реакции. | решение задач |
| 2. | Введение | Общая стратегия синтеза. Ретросинтетический анализ и синтетическое планирование. | решение задач |
| 3. | Образование углерод- углеродных связей | Образование одинарных С-С связей с использованием металлоорганических реактивов. | решение задач, Т1, ЛР1 |
| 4. | Образование углерод- углеродных связей | Реакции кросс-сочетания. Реакции конденсации. Ацетилен и его производные в органическом синтезе | решение задач, Т2, ЛР2 |
| 5. | Образование углерод- углеродных связей | Образование двойных С=С связей при помощи реакций элиминирования. | решение задач, Т2 |
| 6. | Образование углерод- углеродных связей | Реакции олефинирования карбонильных соединений. | решение задач, Т2 |
| 7. | Образование | Образование тройных С≡С связей. | решение задач, Т2 |

| | углерод-углеродных связей | Способы укорочения углеродной цепи. | |
|-----|--|---|------------------------|
| 8. | Реакции циклообразования | Общие принципы циклообразования. Перициклические и электроциклические реакции. | решение задач, Т3, Т4 |
| 9. | Реакции циклообразования | Реакция Дильса-Альдера и ее применение в органическом синтезе | решение задач, Т3, Т4 |
| 10. | Реакции циклообразования | Методы образования малых, средних и больших циклов. Внутримолекулярная циклизация. | решение задач, Т3, Т4 |
| 11. | Окислительно-восстановительные процессы в органическом синтезе | Реакции окисления непредельных углеводов: эпоксирирование, дигидроксилирование, окислительное расщепление. | решение задач, Т5 |
| 12. | Окислительно-восстановительные процессы в органическом синтезе | Реакции окисления спиртов соединениями хрома. Окисление спиртов с использованием реактивов, содержащих в своём составе ДМСО. Окисление карбонильных соединений. | решение задач, Т5, ЛР2 |
| 13. | Окислительно-восстановительные процессы в органическом синтезе | Реакции восстановления: каталитическое гидрирование, восстановление комплексными гидридами и органическими реагентами. | решение задач, Т5 |
| 14. | Введение и взаимопревращения функциональных групп | Введение функциональных групп в алканы, алкены, алкины, в ароматические и гетероциклические соединения. | решение задач, ЛР3, Т5 |
| 15. | Введение и взаимопревращения функциональных групп | Взаимопревращения функциональных групп: превращения галогенпроизводных, спиртов, нитросоединений, аминов | решение задач, ЛР3, Т5 |
| 16. | Введение и взаимопревращения функциональных групп | Взаимопревращения функциональных групп: превращения соединений, содержащих карбонильные и карбоксильные группы. | решение задач, ЛР3, Т5 |
| 17. | Защитные группы в органическом синтезе | Защитные группы в органическом синтезе. Способы защиты гидроксильных, карбонильных, карбоксильных и аминогрупп. | решение задач |

2.3.2 Занятия семинарского типа

Семинары не предусмотрены учебным планом

2.3.3 Лабораторные занятия

| № | Наименование раздела | Наименование лабораторных работ | Форма текущего контроля |
|-----|--|---|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Образование углерод-углеродных связей | Синтез циклогексилбензола. Часть 1. Дегидратация циклогексанола. | ЛР1 |
| 2. | Образование углерод-углеродных связей | Синтез циклогексилбензола. Часть 2. Получение целевого продукта. | ЛР1 |
| 3. | Образование углерод-углеродных связей | Синтез циклогексилбензола. Часть 3. Идентификация целевого продукта. | ЛР1 |
| 4. | Образование углерод-углеродных связей | Решение задач по теме «Металлоорганические реагенты в органическом синтезе». | решение задач, Т1 |
| 5. | Образование углерод-углеродных связей | Решение задач по теме «Синтетические методы образования одинарных углерод-углеродных связей». Тестовая работа №1. | решение задач, Т1 |
| 6. | Образование углерод-углеродных связей | Решение задач по теме «Синтетические методы образования двойных углерод-углеродных связей». | решение задач, Т2 |
| 7. | Образование углерод-углеродных связей | Решение задач по теме «Синтетические методы образования тройных углерод-углеродных связей». Тестовая работа №2. | решение задач, Т2 |
| 8. | Окислительно-восстановительные процессы в органическом синтезе | Синтез бис(4-метоксибензилиден)ацетона. Часть 1. Получение ацетона из пропанола-2. | ЛР2 |
| 9. | Образование углерод-углеродных связей | Синтез бис(4-метоксибензилиден)ацетона. Часть 2. Конденсация ацетона с <i>n</i> -метоксибензальдегидом. | ЛР2 |
| 10. | Реакции циклообразования | Решение задач по теме «Перициклические и электроциклические реакции». | решение задач, Т3 |
| 11. | Реакции циклообразования | Решение задач по теме «Синтетические методы образования малых циклов». Тестовая работа №3. | решение задач, Т3 |
| 12. | Реакции циклообразования | Решение задач по теме «Синтетические методы образования средних циклов и макроциклов». Тестовая работа №4. | решение задач, Т4 |
| 13. | Введение и взаимопревращения функциональных групп | Синтез <i>n</i> -нитроанилинового красного. Часть 1. Нитрование ацетанилида. | ЛР3 |
| 14. | Введение и взаимопревращения | Синтез <i>n</i> -нитроанилинового красного. Часть 2. Гидролиз <i>n</i> -нитроацетанилида. | ЛР3 |

| | | | |
|-----|--|---|-------------------|
| | функциональных групп | | |
| 15. | Введение и взаимопревращения функциональных групп | Синтез <i>n</i> -нитроанилинового красного. Часть 3. Получение целевого продукта. | ЛР3 |
| 16. | Окислительно-восстановительные процессы в органическом синтезе. Защитные группы в органическом синтезе | Решение задач по теме «Окислительно-восстановительные процессы». | решение задач, Т5 |
| 17. | Окислительно-восстановительные процессы в органическом синтезе. Защитные группы в органическом синтезе | Решение задач по теме «Защитные группы в органическом синтезе». Тестовая работа №5. | решение задач, Т5 |

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| № | Вид СРС | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы |
|----|-----------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1. | Изучение теоретического материала | <p>1 Смит, В.А. Основы современного органического синтеза [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Смит, А.Д. Дильман. - Электрон. дан. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 753 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/66366. - Загл. с экрана.</p> <p>2 Реутов, О.А. Органическая химия [Электронный ресурс]: учебник: в 4 ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 3-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016-2017. - 2472 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94166 (94167, 94168, 84139). - Загл. с экрана.</p> <p>3 Агрономов, А.Е. Избранные главы органической химии [Текст]: учебное пособие для студентов хим. спец. ун-тов. / А. Е. Агрономов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1990. - 559 с.</p> <p>4 Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. Эльшенбройх;</p> |

| | | |
|----|--------------------------------|---|
| | | пер. с нем. Ю. Ф. Опруненко, Д. С. Перекалина. - Электрон. дан. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 749 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94112 . - Загл. с экрана. |
| 2. | Оформление лабораторных работ | 1 Теренин, В.И. Практикум по органической химии [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Теренин, М.В. Ливанцов, Л.И. Ливанцова, Е.Д. Матвеева. - Электрон. дан. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 571 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/84123 . - Загл. с экрана. |
| 3. | Решение задач | 1 Реутов, О.А. Органическая химия [Электронный ресурс]: учебник: в 4 ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 3-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016-2017. - 2472 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94166 (94167, 94168, 84139). - Загл. с экрана. 2 Задачи по органической химии с решениями [Текст]: учебное пособие для студентов вузов / А. Л. Курц и др. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. - 264 с. 3 Денисов, В.Я. Сборник задач по органической химии [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Я. Денисов, Д.Л. Мурышкин, Т.Б. Ткаченко, Т.В. Чуйкова. - Электрон. дан. - СПб: Лань, 2014. - 544 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/45971 . - Загл. с экрана. |
| 4. | Подготовка к текущему контролю | 1 Смит, В.А. Основы современного органического синтеза [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Смит, А.Д. Дильман. - Электрон. дан. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 753 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/66366 . - Загл. с экрана. 2 Реутов, О.А. Органическая химия [Электронный ресурс]: учебник: в 4 ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 3-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016-2017. - 2472 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94166 (94167, 94168, 84139). - Загл. с экрана. 3 Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. - Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. - 89 с. |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

3. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины «Тонкий органический синтез» предполагает следующие формы занятий в рамках традиционных образовательных технологий:

1. Информационная лекция.
2. Лабораторная работа.
3. Практическая работа (решение задач с коллективным обсуждением, индивидуальное выполнение студентами тестовых заданий).

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

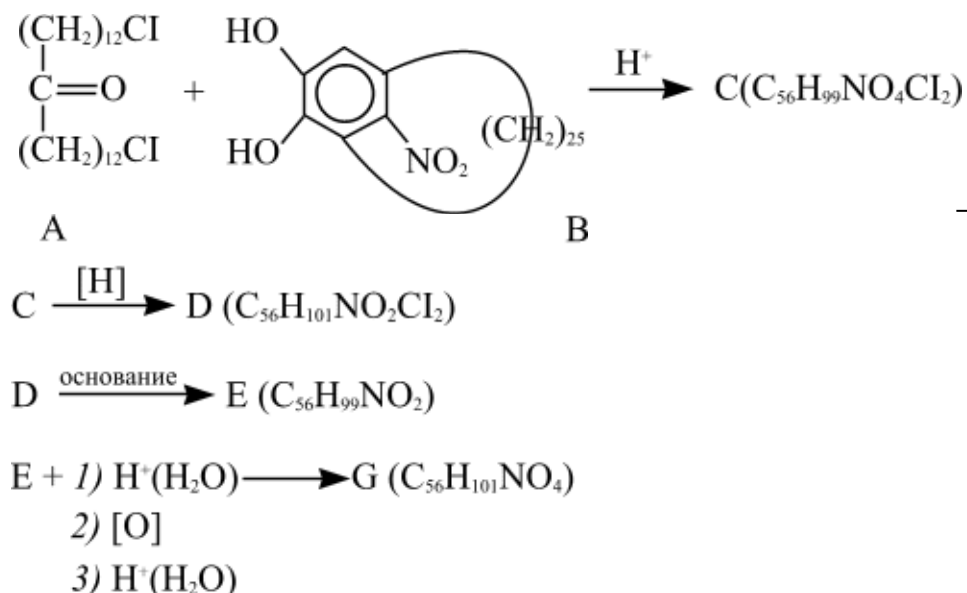
| Вид занятий | Используемые интерактивные образовательные технологии | Количество часов |
|---------------------|---|------------------|
| Лекции | Проблемная лекция, лекция-диалог | 6 |
| Лабораторные работы | Работа в малых группах | 20 |
| Итого | | 26 |

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

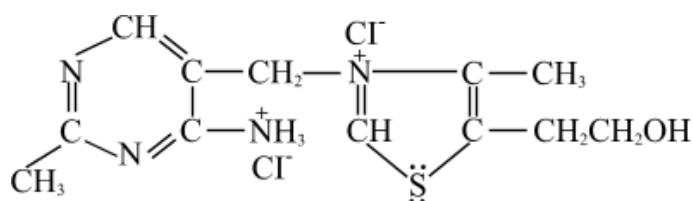
1 Примеры задач для самостоятельного решения

1. Германские химики А. Люtringхауз (1937) и Г. Шилл (1967) получили соединение G необычной структуры по следующей схеме:

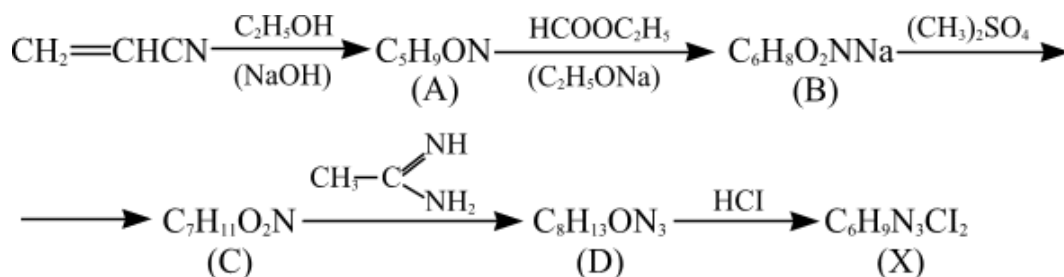


- 1) Приведите структурные формулы А—G.
- 2) В чем заключается необычность структуры G?
- 3) Какие еще виды химических соединений с аналогичным типом связей Вам известны? Приведите примеры и, если знаете, их названия.

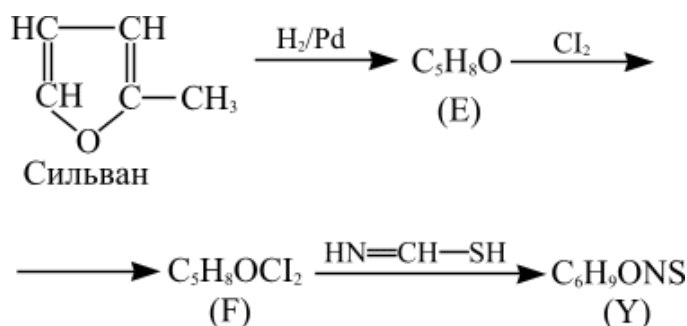
2. Витамин В₁, имеющий следующее строение:



получают совместным нагреванием пиридинового производного X состава C₆H₉N₃Cl₂ и тиазольного производного Y состава C₆H₉ONS. Соединение X предварительно получают из акрилонитрила по схеме:

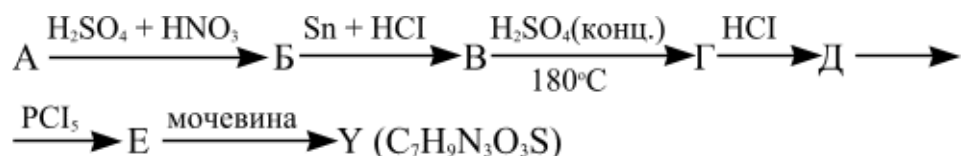


Соединение Y получают, исходя из сильвана, следующим способом:



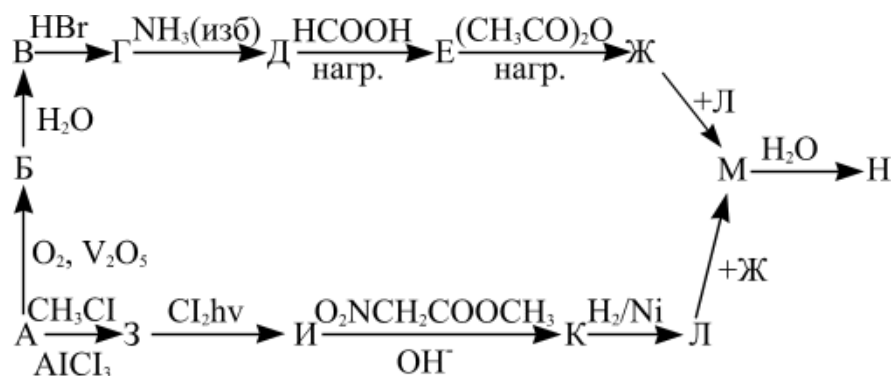
- 1) Напишите структурные формулы A, B, C, D, E, F, X и Y.
- 2) Объясните, почему в многостадийных синтезах лучше сначала получить несколько фрагментов целевого вещества по коротким цепочкам превращений, после чего соединить эти фрагменты на последних стадиях.

3. Вещество A является продуктом коксохимической переработки угля. При обработке его CHCl₃ в присутствии AlCl₃ появляется ярко-оранжевое окрашивание. Из вещества A можно синтезировать соединение X, являющееся важным веществом роста бактерий и вещество Y, обладающее антимикробной активностью. Соединение Y можно получить по схеме:



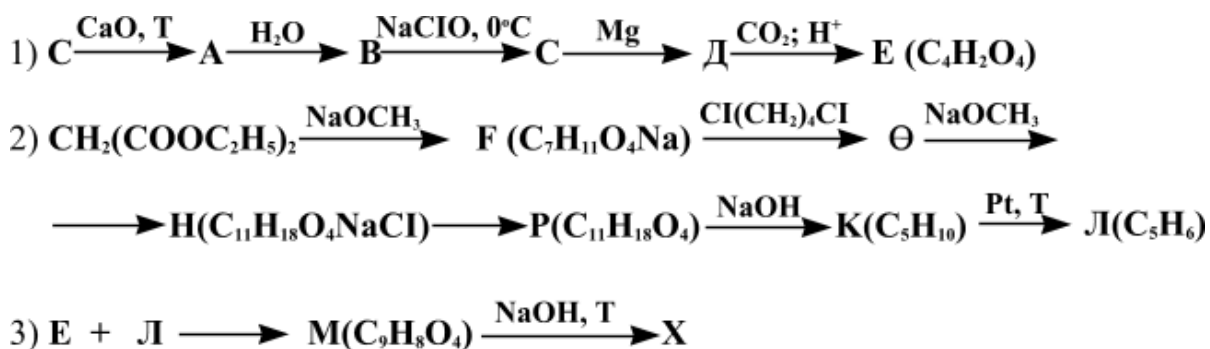
Соединение X (C₇H₇NO₂) по структуре подобно Г, вступает во взаимодействие с HCl и NaOH. Установите химическую природу всех веществ. Предложите схему синтеза X. Объясните сущность антимикробного действия Y.

Задание 4. Дана схема превращения вещества A в H:



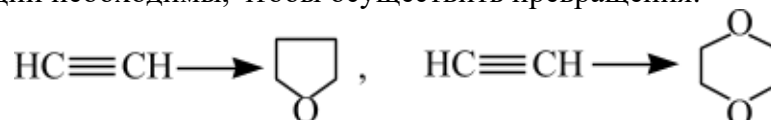
- 1) Напишите структурные формулы веществ А—Н и назовите их, если известно, что углеводород А содержит 92,31% углерода.
- 2) Какие из указанных веществ имеют асимметрические атомы углерода? Напишите одно из них в виде R- и S-изомеров.
- 3) Проявляет ли вещество Н, полученное в результате этого синтеза, оптическую активность?
- 4) Какой изомер вещества Н обладает полезными свойствами, в каких целях он используется и как он называется?
- 5) Взаимодействие веществ Ж и Л приводит к образованию двух продуктов. Какой из них образуется преимущественно?

5. Синтез углеводорода X(C₇H₈) можно провести следующим образом:

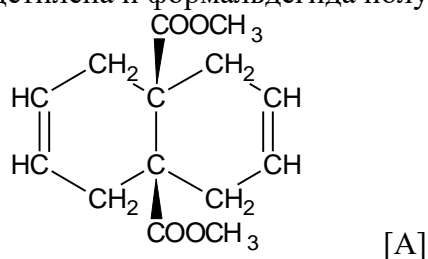


Определите строение веществ А—М и X. Напишите уравнения реакций.

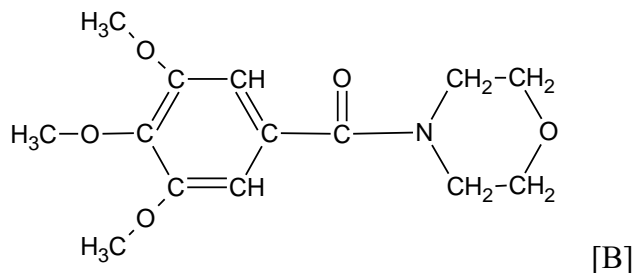
6. Какие стадии необходимы, чтобы осуществить превращения:



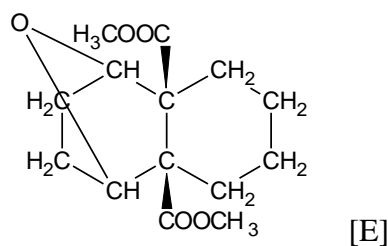
7. Исходя из бутадиена, ацетилен и формальдегида получите диен [А]:



8. Предложите способ синтеза триоксазина [B] (морфолид галловой кислоты, транквилизатор) исходя из гваякола (2-метоксифенол), морфолина и других необходимых реагентов:



9. Исходя из фурана, ацетилен, формальдегида и бутадиена-1,3 получите соединение [E]:



10. Запах многих природных продуктов обусловлен наличием фенолов и их производных. Напишите реакции их синтеза, исходя из любого монозамещенного производного бензола:



2 Примеры задач для коллективного решения в аудитории

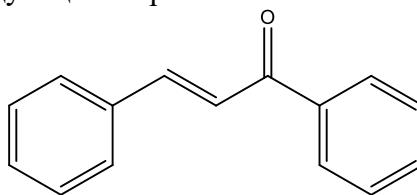
- Получите из ацетона 2,2-диметилпропановую кислоту.
- Получите из пропилена 5-кетокaproновую кислоту.
- Получите из уксусной кислоты – малоновую, лимонную кислоты.
- Получите из бенальдегида и пропионовой кислоты – 2-метил-3-фенилакриловую кислоту.
- Получите из бензола и пропанола – скатол (3-метилиндол), 5-иод-8-оксихинолин.
- Получите из толуола и этанола – γ -кетобутилбензол.
- Получите из пропилового спирта – 2,5-диэтилфуран.
- Получите из пропионовой кислоты – 3,4-диэтилгексадиен-2,4 и пинакон $(C_2H_5)_2C(OH)-C(OH)(C_2H_5)_2$.
- Получите из *n*-ацетилэтилбензола: а) *n*-диацетилбензол; б) *n*-этилбензойную кислоту.
- Получите из иодистого метила и циклопентанона (не прибегая к другим органическим реагентам) – γ -ацетилмасляную кислоту.

3 Примеры тестовых проверочных работ

Тестовая работа №1 (Т1)

Вариант 1

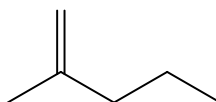
- 1). При помощи доступных металлоорганических реагентов получите из ацетонитрила трет-бутиламин.
- 2). Напишите структурные формулы двух продуктов, образующихся при взаимодействии этилмагнийбромида с акролеином. Какой из продуктов будет получен с большим выходом?
- 3). Изобразите в общем виде каталитический цикл реакции Хека.
- 4). Используя в качестве субстрата ацетоуксусный эфир, получите гептанон-2.
- 5). Исходя из каких субстратов реакцией альдольно-кетоновой конденсации можно получить соединение следующего строения:



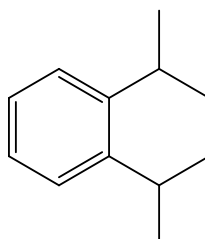
Тестовая работа №2 (Т2)

Вариант 1

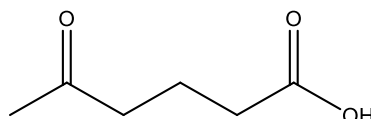
- 1). Приведите механизм реакции Виттига
- 2). Напишите продукт реакции циклогексенона с аллилтриметилсиланом в присутствии хлористого титана.
- 3). Исходя из ацетоуксусного эфира и любых доступных реагентов получите соединение следующего строения:



- 4). Исходя из какого субстрата по реакции Фриделя-Крафтса можно получить соединение следующего строения:



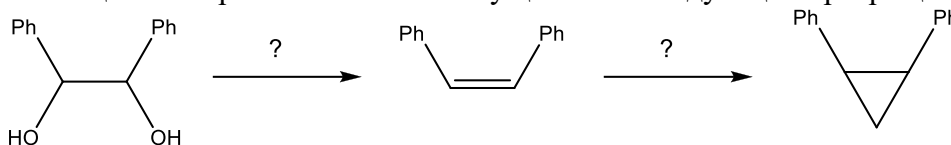
- 5). Исходя из малонового эфира и метилвинилкетона получите соединение следующего строения:



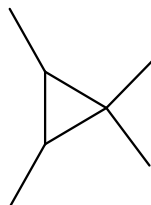
Тестовая работа №3 (Т3)

Вариант 1

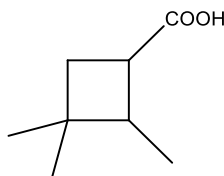
- 1). Приведите общий механизм реакций термического [2+2]-циклоприсоединения.
- 2). При помощи каких реагентов можно осуществить следующие превращения?



- 3). Исходя из бромоформа, 2-бутена и любых доступных реагентов получить соединение следующего строения:



- 4). Исходя из малонового эфира, ацетальдегида и ацетона получить соединение следующего строения:

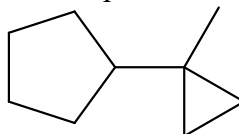


- 5). Напишите продукт реакции 1,1-дифенил 2-хлорэтилена с бутиллитием.

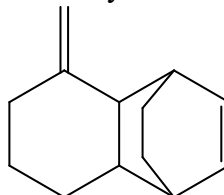
Тестовая работа №4 (Т4)

Вариант 1

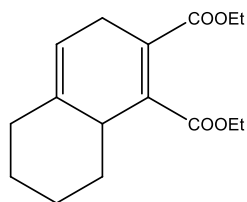
- 1). Приведите общий механизм реакции Дикмана.
- 2). Напишите основной и побочный продукты реакции Дильса-Альдера, протекающей между изопреном и акролеином.
- 3). Исходя из ацетоуксусного эфира, 1,4-дибромбутана, а также любых доступных реагентов получить соединение следующего строения:



- 4). Исходя из ацетальдегида, метилвинилкетона, 1,3-циклогексадиена и любых доступных реагентов получить соединение следующего строения:



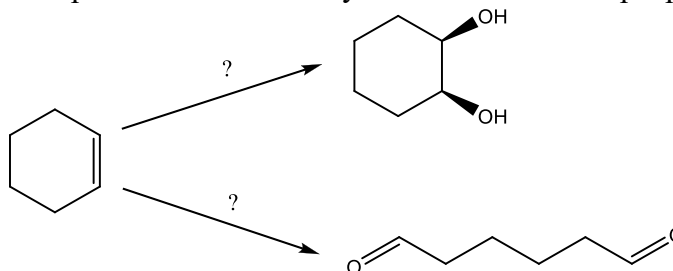
- 5). Исходя из каких субстратов реакцией Дильса-Альдера можно получить соединение следующего строения:



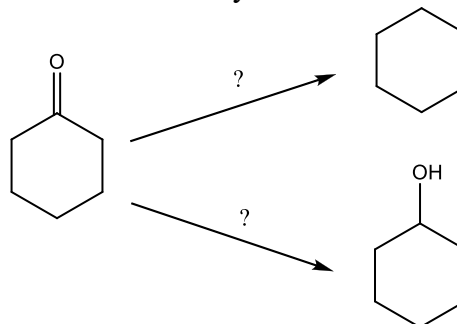
Тестовая работа №5 (Т5)

Вариант 1

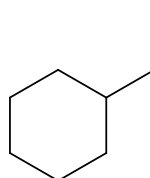
1). С помощью каких реагентов можно осуществить данные превращения:



2). С помощью каких реагентов можно осуществить данные превращения:

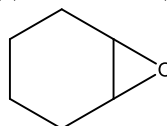


3). Исходя из бутадиена, акролеина и любых доступных реагентов получить соединение следующего строения:



4). Приведите механизм реакции Бёрча на примере восстановления толуола.

5). Исходя из диэтилового эфира адипиновой кислоты ($\text{EtOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOEt}$) и любых доступных реагентов получить соединение следующего строения:



4 Примеры контрольных вопросов к лабораторным работам

1. Приведите механизм нитрования ацетанилида. Какой продукт будет получаться с большим выходом при осуществлении данного процесса?

2. Каким образом при выделении *n*-нитроацетанилида избавляются от примеси побочного продукта нитрования – *o*-нитроацетанилида?

3. При помощи каких физико-химических методов можно осуществлять контроль за ходом реакции гидролиза *n*-нитроацетанилида?
4. Какая элюэнтная система более оптимальна для контроля за ходом гидролиза *n*-нитроацетанилида методом ТСХ: этилацетат-бензол (2:1) или четыреххлористый углерод-бензол (1:1)?
5. Приведите механизм основных стадий синтеза *n*-нитроанилинового красного. Какое строение имеет катион диазония?
6. Какие реагенты можно применять для препаративного окисления спиртов?
7. Приведите механизм образования бис(4-метоксибензилиден)ацетона.
8. В чем преимущества и недостатки классической альдольной реакции? Какие существуют современные варианты проведения данного процесса?
9. Каким образом рассчитывается теоретический и практический выход многостадийного синтеза? Какие существуют способы увеличения выхода целевого продукта многостадийного синтеза?
10. Какие осушители применяются для органических соединений? Укажите их основные достоинства и недостатки.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

1 Список вопросов для подготовки к экзамену

1. Цели, задачи и тенденции развития органического синтеза. Тяжёлый и тонкий органический синтез. Стратегия и тактика синтеза. Селективность и её виды. Общая стратегия синтеза. Ретросинтетический анализ.
2. Синтетическое планирование. Линейный и конвергентный подходы к осуществлению синтеза. Тандемные и домино-реакции.
3. Использование медьорганических соединений в синтезе углерод-углеродных связей: реакции с галогенпроизводными, α,β -непредельными карбонильными соединениями, алкинами (карбометаллирование).
4. Цинкорганические соединения в органическом синтезе, реакция Реформатского. Магний- и литийорганические соединения в органическом синтезе: реакции с карбонильными соединениями и с кратными связями углерод-азот.
5. Реакция Хека: механизм, каталитический цикл. Общая характеристика реакций кросс-сочетания с использованием металлоорганических соединений.
6. Кросс-сочетание с использованием металлоорганических соединений: реакции Стилле, Сузуки, Соногаширы.
7. Енолизация. Генерация енолят-анионов: кинетический и термодинамический контроль. Алкилирование ацетоуксусного и малонового эфиров.
8. Альдольная конденсация: кислотный и основной катализ. Реакция Мукаямы: использование силилированных енолятов, кислотный катализ, использование ацеталей. Сложноэфирная конденсация Кляйзена.
9. Реакция Михаэля: общая схема, кислотный и основной катализ. Варианты реакции Михаэля с анионами 1,3-дикарбонильных соединений, аллилсиланами (реакция Хосоми-Сакураи). Реакция Бейлиса-Хиллмана.
10. Введение углеродных заместителей в ароматическое ядро: реакции Фриделя-Крафтса (алкилирование, ацилирование), Гаттермана-Коха, Вильсмайера-Хаака.
11. Получение двойной углерод-углеродной связи олефинированием карбонильной группы. Реакции Виттига и Хорнера-Уодсворта-Эммонса.
12. Получение двойной углерод-углеродной связи олефинированием карбонильной группы. Реакции Петерсона и Теббе.

13. Реакции Мак-Мурри и Рамберга-Бэклунда. Конденсация Кнёвенагеля.
14. Элиминирование из монозамещённых систем: дегидратация (перегруппировка Вагнера-Меервейна), реакция Бэмфорда-Стивенса. Элиминирование из дизамещённых систем: реакции Куна-Винтерштайна, Кори-Уинтера, Боорда.
15. Получение тройной углерод-углеродной связи. Сочетание медьорганических соединений: реакции Глазера и Кадио-Ходкевича. Реакции элиминирования в синтезе тройной связи: дегидрогалогенирование (перегруппировка Фрича-Буттенберга-Вихелля).
16. Получение трёхчленных циклов: внутримолекулярное алкилирование, реакция Густавсона, анионная циклизация 1,3-дигалогенпроизводных.
17. Реакции циклоприсоединения в синтезе трёхчленных циклов: общая схема процесса, способы генерации карбенов из галогенпроизводных и diaзосоединений. Реакция Симмонса-Смита.
18. Получение четырёхчленных циклов: внутримолекулярные реакции дегалогенирования и алкилирования, ацилоиновая конденсация эфиров дикарбоновых кислот.
19. Реакции циклоприсоединения в синтезе четырёхчленных циклов: термическое и фотохимическое циклоприсоединение.
20. Получение пятичленных циклов: внутримолекулярные реакции алкилирования енолятов, альдольной конденсации, циклопентааннелирования.
21. Реакции циклоприсоединения в синтезе пятичленных циклов: катализ комплексами железа, реакция Посона-Кханда. Электроциклическая реакция Назарова.
22. Внутримолекулярная циклизация в синтезе шестичленных циклов. Реакция Робинсона: эквиваленты метилвинилкетона, использование 1,3-дикетонов. Реакция Пшорра.
23. Реакция Дильса-Альдера: общая схема, часто используемые диены и диенофилы, влияние их строения на реакционную способность.
24. Стере- и региоселективность реакции Дильса-Альдера. Внутримолекулярные варианты реакции диенового синтеза.
25. Получение макроциклических соединений: ацилоиновая конденсация, реакции Дикмана и Торпа-Циглера.
26. Методы удаления углерод-углеродной связи. Реакции термического декарбоксилирования, Бородина-Хундиккера. Перегруппировки Гофмана и Курциуса.
27. Введение функциональных групп в алканы, алкены, алкины и арены.
28. Взаимопревращения функциональных групп: превращения галогенпроизводных, спиртов и нитросоединений.
29. Взаимопревращения функциональных групп: аминогруппы, а также карбоксильной и карбонильной групп.
30. Эпоксидирование алкенов. Реакции Прилежаева, Шарплесса, Якобсена-Катсуки.
31. Дигидроксилирование алкенов: реакции Криге, Вудворда, Прево. Гидролиз эпоксидов как общий метод получения vicинальных диолов.
32. Окислительное расщепление алкенов: реакция Лемье, озонлиз. Окисление боковых цепей в ароматических соединениях до альдегидов (реакция Этара) и карбоновых кислот.
33. Реакции окисления спиртов соединениями хрома (реактивы Джонса и Саретта). Окисление спиртов с использованием реактивов, содержащих в своём составе ДМСО: реакции Сверна и Пфицнера-Моффатта. Реакция Кори-Кима.
34. Окисление карбонильных соединений: реакции Толленса, Байера-Виллигера, Райли, окислительное расщепление циклических кетонов.

35. Восстановление ароматических соединений по Бёрчу: механизм, влияние типа заместителя на конфигурацию продукта восстановления. Восстановление алкинов щелочными металлами.

36. Восстановление алкинов комплексными гидридами. Каталитическое гидрирование алкинов и алкенов (гетерогенные и гомогенные катализаторы). Восстановление алкенов диимидом.

37. Восстановление карбонильной группы до метиленовой: реакции Клемменсена и Кижнера-Вольфа. Способы восстановления карбонильной группы до гидроксильной: восстановление комплексными гидридами, реакция Кори-Бакши-Шибата.

38. Восстановление карбоновых кислот и их производных: использование гидридных восстановителей, реакции Буво-Блана, Розенмунда и МакФэдена-Стивенса. Восстановительное раскрытие эпоксидов алюмогидридом лития.

39. Защита спиртовой группы в одноатомных спиртах при помощи образования тетрагидропирановых, трифенилметильных, бензиловых и триметилсилиловых простых эфиров. Защита одноатомных спиртов реакцией этерификации.

40. Способы защиты 1,2- и 1,3-диолов. Защита карбоксильной группы: получение бензиловых и трихлорэтиловых сложных эфиров.

41. Общие методы защиты аминогруппы: бензилоксикарбонильная и трифенилметильная. Защита первичных и вторичных аминов реакциями ацетилирования и бензилирования, образованием фталоильных и сульфонильных производных, а также оснований Шиффа.

42. Защита карбонильной группы: образование ацеталей и кеталей, а также их моно- и дитиоаналогов. Образование семикарбазонов и оснований Шиффа.

2 Примеры билетов к экзамену

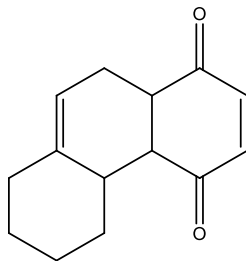
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»
Кафедра органической химии и технологий
Направление подготовки 04.03.01 - Химия
20__-20__ уч. год
Дисциплина «Тонкий органический синтез»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1.

1. Магний- и литийорганические соединения в органическом синтезе. Региоселективность реакций различных металлоорганических реагентов.

2. Получение четырёхчленных циклов: внутримолекулярные реакции дегалогенирования. Реакции циклоприсоединения в синтезе четырёхчленных циклов: термическое и фотохимическое циклоприсоединение.

3. Исходя из циклогексанона, бензохинона и любых доступных соединений получить следующее соединение:



Заведующий кафедрой
органической химии и технологий

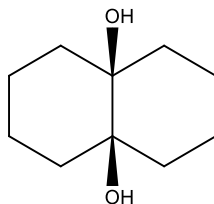
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»
Кафедра органической химии и технологий
Направление подготовки 04.03.01 - Химия
20__-20__ уч. год
Дисциплина «Тонкий органический синтез»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2.

1. Общая характеристика реакций кросс-сочетания. Реакция Хека. Кросс-сочетание с использованием металлоорганических соединений.

2. Получение трёхчленных циклов: внутримолекулярное алкилирование, анионная циклизация. Реакции циклоприсоединения в синтезе трёхчленных циклов: общая схема процесса, способы генерации карбенов из галогенпроизводных и диазосоединений. Реакция Симмонса-Смита.

3. Исходя из циклогексанона, формальдегида и любых доступных реагентов получить следующее соединение:



Заведующий кафедрой
органической химии и технологий

| Критерии экзаменационной оценки | Оценка | Уровень |
|--|---------------------|----------------------------------|
| Студент свободно владеет теоретическим материалом (знает как основные, так и специфические синтетические методы, а также механизмы основных реакций) и способен самостоятельно решить экзаменационную задачу. | «отлично» | повышенный (продвинутый) уровень |
| Студент хорошо владеет теоретическим материалом, знает базовые синтетические методы и имеет представление о механизмах основных синтетически важных реакций, способен справиться с экзаменационной задачей при незначительной помощи со стороны преподавателя. | «хорошо» | базовый уровень |
| Студент знает базовые синтетические методы, однако плохо разбирается в специфических методах и механизмах основных реакций, с трудом справляется с экзаменационной задачей при | «удовлетворительно» | пороговый уровень |

| | | |
|---|-----------------------|--------------------------------------|
| существенной помощи со стороны преподавателя. | | |
| Студент не способен решить экзаменационную задачу даже с помощью преподавателя и плохо владеет теоретическим материалом (наблюдаются существенные ошибки при обсуждении базовых синтетических методов). | «неудовлетворительно» | менее 50%, уровень не сформирован |

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1 Основная литература:

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

1 Смит, В.А. Основы современного органического синтеза [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Смит, А.Д. Дильман. - Электрон. дан. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 753 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66366>. - Загл. с экрана.

2 Реутов, О.А. Органическая химия [Электронный ресурс]: учебник: в 4 ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 3-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016-2017. - 2472 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94166> (94167, 94168, 84139). - Загл. с экрана.

5.2 Дополнительная литература:

1 Теренин, В.И. Практикум по органической химии [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Теренин, М.В. Ливанцов, Л.И. Ливанцова, Е.Д. Матвеева. - Электрон. дан. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 571 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84123>. - Загл. с экрана.

2 Задачи по органической химии с решениями [Текст]: учебное пособие для студентов вузов / А. Л. Курц и др. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. - 264 с.

3 Агрономов, А.Е. Избранные главы органической химии [Текст]: учебное пособие для студентов хим. спец. ун-тов. / А. Е. Агрономов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1990. - 559 с.

4 Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. Эльшенбройх; пер. с нем. Ю. Ф. Опруненко, Д. С. Перекалина. - Электрон.

дан. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 749 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94112>. - Загл. с экрана.

5 Денисов, В.Я. Сборник задач по органической химии [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Я. Денисов, Д.Л. Мурышкин, Т.Б. Ткаченко, Т.В. Чуйкова. - Электрон. дан. - СПб: Лань, 2014. - 544 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/45971>. - Загл. с экрана.

5.3. Периодические издания:

1 Успехи химии - российский научный журнал, публикующий обзорные статьи по актуальным проблемам химии и смежных наук.

2 Журнал органической химии - российский научный журнал, публикующий статьи по теоретическим проблемам органической химии, механизмам реакций органических соединений, соотношениям между физическими свойствами, реакционной способностью и строением, по новым реакциям и методам получения органических соединений, по основным проблемам развития важнейших направлений органического синтеза.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Информационный сайт о химии, содержащий базу знаний, справочники и химические онлайн-сервисы (<http://www.xumuk.ru>).

2. Сайт, содержащий статьи соросовского образовательного журнала (<http://www.pereplet.ru/cgi/soros/readdb.cgi>).

3. База данных издательства Springer (<http://link.springer.com>).

4. База данных рефератов и цитирования Scopus (<http://www.scopus.com>).

5. База данных рефератов и цитирования Web of Science (WoS) (<http://apps.webofknowledge.com>).

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное изучение дисциплины «Тонкий органический синтез» требует от студентов регулярного посещения лекций, а также активной работы на практических занятиях, выполнения тестовых проверочных работ, выполнения и защиты лабораторных работ, ознакомления с основной и дополнительной рекомендуемой литературой.

При подготовке к лекционному занятию студентам рекомендуется:

1) просмотреть записи предыдущей лекции и восстановить в памяти ранее изученный материал;

2) бегло просмотреть материал предстоящей лекции, с целью лучшего усвоения нового материала;

3) самостоятельно проработать отдельные фрагменты темы прошлой лекции, если это необходимо.

При конспектировании лекционного материала студентам нужно стремиться кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения и формулировки, не пытаясь записать весь преподаваемый материал слово в слово.

При подготовке к лабораторному занятию рекомендуется:

1) внимательно изучить материал предстоящей работы и составить план ее выполнения;

2) уделить повышенное внимание экспериментальным особенностям предстоящей работы (используемым реактивам и оборудованию, а также технике работы с ними);

Выполнять лабораторную работу необходимо аккуратно и последовательно, отражая все ее основные этапы в лабораторном журнале. Для успешной защиты лабораторной работы необходимо тщательно изучить лекционный и, если это необходимо, дополнительный теоретический материал по теме работы, а также правильно заполнить лабораторный журнал, сделав все необходимые расчеты и сформулировав выводы по проделанной работе.

При подготовке к практическому занятию рекомендуется:

1) ознакомиться с темой и планом занятия, чтобы выяснить круг вопросов, которые будут обсуждаться на занятии;

2) поработать с конспектом лекции по теме занятия, а также ознакомиться с рекомендуемой литературой и (при необходимости) дополнительными источниками информации в виде периодических изданий и Интернет-ресурсов.

При выполнении практической работы студентам необходимо отмечать те вопросы и разделы, которые вызывают у них затруднения. с целью последующей консультации у преподавателя. Каждый студент должен стремиться активно работать на практических занятиях и успешно выполнять тестовые проверочные работы.

Самостоятельная работа наряду с аудиторной представляет одну из важнейших форм учебного процесса. Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа предназначена не только для овладения представленной дисциплиной, но и для формирования навыков работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать возникающие проблемы, находить правильные решения и т.д.

| № | Вид СРС | Организация деятельности студента Форма контроля |
|----|-----------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1. | Оформление лабораторных работ | Проведение необходимых расчетов, аккуратное оформление хода и результатов выполненной работы в лабораторном журнале. Форма контроля – защита лабораторных работ. |
| 2. | Изучение теоретического материала | Работа с конспектом лекций, а также с рекомендуемой основной и дополнительной литературой по заданной теме, ознакомление с периодическими изданиями и ресурсами сети Интернет. Форма контроля – выполнение тестовых работ. |
| 3. | Решение задач | Изучение материала, необходимого для успешного решения задач, а также непосредственное их выполнение. Форма контроля – выполнение тестовых работ. |
| 4. | Подготовка к текущему контролю | Изучение теоретического материала, необходимого для успешной защиты лабораторных работ, выполнения тестовых работ и других видов текущего контроля. Форма контроля – все виды текущего контроля. |

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

8.1 Перечень информационных технологий

1. Использование электронных презентаций при проведении лекционных занятий.
2. Проверка самостоятельно решенных задач и консультирование посредством электронной почты.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система Microsoft Windows.
2. Программный пакет для работы с различными типами документов Microsoft Office Professional Plus.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Научная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).
2. Электронная библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com>).
3. Электронная библиотечная система «Юрайт» (<http://www.biblio-online.ru>).
4. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» (<http://cyberleninka.ru>).
5. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» (www.biblioclub.ru).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для проведения занятий по дисциплине «Тонкий органический синтез», предусмотренной учебным планом подготовки бакалавров, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

| № | Вид работ | Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность |
|----|----------------------|--|
| 1. | Лекционные занятия | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – ауд. 425с, ул. Ставропольская, 149 (комплект учебной мебели, меловая доска, переносное мультимедийное оборудование). |
| 2. | Семинарские занятия | Семинары не предусмотрены учебным планом. |
| 3. | Лабораторные занятия | Учебная лаборатория органической химии – ауд. 414с, ул. Ставропольская, 149 (учебная лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью, |

| | | |
|----|--|--|
| | | вытяжной системой вентиляции, меловой доской, средствами пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, лабораторным оборудованием: весы лабораторные электронные A&D EK-410i, электроплитки – 10 шт., сушильный шкаф, мешалки механические – 8 шт., мешалки магнитные ИКА HS 7 – 6 шт., ротационные испарители – 2 шт., наборы химической посуды и реактивов). |
| 4. | Курсовое проектирование | Курсовая работа не предусмотрена учебным планом. |
| 5. | Групповые (индивидуальные) консультации | Аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – ауд. 425с, ул. Ставропольская, 149 (комплект учебной мебели, меловая доска, переносное мультимедийное оборудование). |
| 6. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – ауд. 425с, ул. Ставропольская, 149 (комплект учебной мебели, меловая доска, переносное мультимедийное оборудование). |
| 7. | Самостоятельная работа | Помещение для самостоятельной работы – ауд. 401с, ул. Ставропольская, 149 (компьютерная техника с подключением к сети «Интернет», программой экранного увеличения и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета). |