



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИОХ РАН)**



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИОХ РАН
Академик
М.П.Егоров

«18 июля» 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Специальный органический синтез»**

основной профессиональной образовательной программы высшего образования -
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению
подготовки кадров высшей квалификации 04.06.01 Химические науки

Направленность (профиль)
02.00.03 «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Москва
2017

Программа дисциплины «**Специальный органический синтез**» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО к структуре и результатам освоения основных образовательных программ аспирантуры по профессиональному циклу по направлению подготовки «Химические науки».

Разработчики:

Вед. науч. сотр., зав. лабораторией ИОХ РАН, Дильман Александр Давидович,
dilman@ioc.ac.ru

Программа принята на заседании Ученого совета ИОХ РАН
Протокол № от «13» ноября 2017 г.

Ученый секретарь:
Кандидат химических наук  И.К. Коршевец

Органический синтез как самостоятельный раздел химической науки возник во второй половине XX века, когда стала очевидной необходимость в направленном получении органических соединений с заранее определенной химической структурой. В настоящее время, органический синтез является одной из наиболее бурно развивающихся областей химии, и его достижения во многом определяют возможности развития таких важных направлений, как создание новых биологически активных веществ и разработка путей получения новых молекулярных структур, перспективных в науках о материалах. Потребность в специалистах, владеющими навыками построения сложных органических молекул, отражает необходимость инновационного экономического развития.

1. Цели и задачи освоения дисциплины.

Цель освоения дисциплины – надстройка знаний, полученных в общем курсе органической химии, в направлении специализации в области специального органического синтеза, разработки новых методов синтеза практически важных веществ, методов направленного синтеза соединений с заданными свойствами.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Специальный органический синтез» относится к циклу Б1.В.ДВ.1 «Вариативная часть»; раздел «Дисциплины по выбору» основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации 04.06.01 - Химические науки. Курс является логической надстройкой над базовым курсом органической химии. То, что в базовом курсе рассмотрено на понятийном уровне, без детализации, здесь приобретает логическую основу, требует от аспиранта понимания структуры вещества, основ механизмов органических реакций, дополняет фактографический материал новыми знаниями и, в конечном счете, помогает аспиранту в рациональном планировании органического синтеза и переходе на его следующую ступень – направленному синтезу практически важных органических и элементоорганических соединений с заданными свойствами.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины:

3.1. В результате изучения дисциплины аспиранты овладеют следующими ключевыми компетенциями:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (**ОПК-1**);

- владение основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования веществ и реакций (ПК-4);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4).

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

знать:

- базовые положения современной органической химии;
- строение и свойства различных типов синтонов;
- основные свойства, строение, методы получения и взаимопревращения представителей важнейших классов органических соединений;
- важные закономерности и особенности строения, свойств и реакционной способности органических соединений;
- основные механизмы органических и элементоорганических реакций;
- на ознакомительном уровне применение органических соединений в различных областях человеческой деятельности.

уметь:

- использовать систематическую и рациональную номенклатуры для формирования названий органических соединений;
- использовать справочную литературы по органическому синтезу;
- грамотно решать задачи по органическому синтезу, выбирать оптимальные пути и методы решения;
- уметь анализировать возможные пути проведения реакции, анализировать принципиальную возможность проведения синтеза, планировать направленный органический синтез;
- правильно находить продукты органических превращений, включая различные каталитические процессы;
- иметь опыт деятельности по выполнению реальных научных задач в научной лаборатории, опыт по профессиональному описанию эксперимента в области органической химии;
- использовать полученные знания для предсказания возможных продуктов, условий и механизмов протекания органических и элементоорганических реакций.

владеть:

- представлениями о предмете специального органического синтеза;

- базовыми представлениями о природе связи элемент – элемент, элемент – углерод и лиганд – металл;
- номенклатурой органических соединений сложной структуры;
- представлениями об электронном и геометрическом строении, типах изомерии, физико-химических свойствах, важнейших методах получения и взаимопревращений основных классов органических соединений;
- базовыми представлениями о механизмах каталитических реакций;
- дополнительными навыками для осуществления профессиональной педагогической и научно-исследовательской деятельности.

3.2. Знания и компетенции, полученные аспирантами в ходе освоения дисциплины, могут быть использованы при проведении научных исследований и написании кандидатских диссертационных исследований, а также для сдачи профильного кандидатского экзамена при обучении в аспирантуре по специальности 02.00.03 «Органическая химия».

4. Содержание и структура дисциплины.

а. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа), из них: аудиторная работа - 72 часа, самостоятельная работа по подготовке к зачету и экзамену 54 часа, зачет 18 часов.

Вид работы	Всего
Общая трудоёмкость, акад. часов	144
Аудиторная работа:	72
Лекции, акад. часов	36
Семинары, акад. часов	36
Самостоятельная работа, акад. часов	36
Итоговый контроль	36

4.2. Содержание разделов дисциплины

№ раз-дела	Наименование раздела	Всего	Количество часов		Самостоятельная работа	Форма текущего контроля	Итоговый контроль, часов
			Аудиторная работа				
			Лекции	Семинары			
1.	Ациклические соединения	72	18	18	18	ДЗ, РС	-
2.	Циклические соединения	72	18	18	18	ДЗ, РС, РК	Зачет, 36

4.2.1. Лекции

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Ациклические соединения	<p>Лекция 1. Общие принципы органического синтеза. Основные тенденции развития органического синтеза. Практическая направленность и фундаментальное значение. Стратегия синтеза. Линейный и конвергентный подходы. Каскадные последовательности реакций в коротких схемах полного синтеза. Органические реакции и синтетические методы. Оптимизация классических и разработка новых синтетических методов. Ретросинтетический анализ.</p> <p>Лекция 2. Литий- и магниорганические соединения как C-нуклеофилы и как предшественники других металлорганических реагентов. Литийорганические реагенты (методы получения, стабильность, основность, реакционная способность). Реагенты Гриньяра (методы получения), реагенты содержащие функциональные группы. Металлорганические реагенты других классов.</p> <p>Лекция 3. Купратные реагенты в реакциях C-C сочетания. Классический вариант реакции Вюрца и проблема хемоселективности. Общая характеристика купратных реагентов. Особенности реакционной способности органокупратов как C-нуклеофилов. Купратный вариант сочетания по Вюрцу. Реакции с алкильными электрофилами. Реакции образования sp^2-sp^3 C-C связи. Реакции с аллильными электрофилами. Эпоксиды и лактоны как электрофилы.</p> <p>Лекция 4. Использование ацетиленов в синтезе ациклических соединений. Терминальные ацетилены как эквиваленты ацетиленид-анонов. Реакции карбометаллирования алкинов. Присоединение купратных реагентов. Карбоалюминирование. Реакции гидрометаллирования тройной связи.</p> <p>Лекция 5. Методы образования углерод-углеродной связи с использованием катализа комплексами палладия. Общая характеристика палладиевых катализаторов. Реакция Хека. Сочетания с использованием металлоорганических соединений (реакция Стилле, Сузуки). Реакция карбонилирования. Реакция Соногаширы. Реакции аллилирования.</p> <p>Лекция 6. Карбонильная группа как электрофил в реакциях образования углерод-углеродной связи. Реакция Гриньяра и родственные превращения. Общая характеристика реакции Гриньяра как синтетического метода. Цериевые реагенты и возможности расширения области применения метода. Карбоновые кислоты и их производные как субстраты в реакции с карбанионными реагентами. Некоторые простейшие функционально замещенные карбанионные реагенты. Стереохимия нуклеофильного присоединения по карбонильной группе. Правило Крама. Правило Фелкина-Ана. Модель хелатирования. Стереохимические особенности присоединения к циклоалканонам. Реакции цинкорганических реагентов. Общая характеристика препаративных возможностей реакции Реформатского. Цинковые производные как эквиваленты гомоенолятных синтонов. Функционально замещенные</p>

цинкорганические реагенты. Каталитическое энантиоселективное присоединение. Аллильные производные кремния и олова как C-нуклеофилы. Общая характеристика хемо- и региоселективности реакции. Контроль диастереоселективности присоединения. Аллилбораны как реагенты для синтеза гомоаллильных спиртов.

Лекция 7. Алкилирование енолятов как один из универсальных путей создания sp^3-sp^3 углерод-углеродной связи.

Введение: C-H кислотность карбонильных соединений и кетонольная таутомерия. Амбидентность ионных енолятов в реакциях с электрофилами. Особенности реакций циклических 1,3-дикетонов. Проблема образования продуктов полиалкилирования и самоконденсации. Химия ацетоуксусного и малоновго эфиров. Региоселективность алкилирования циклоалканонов. Методы генерации енолят-анионов в условиях кинетического и термодинамического контроля. Использование азотсодержащих производных альдегидов и кетонов для обеспечения хемо-, регио и стереоселективности реакций α -алкилирования. Ионные еноляты карбоновых кислот и их производных. Литиевые еноляты из кислот и сложных эфиров. Литиевые еноляты *N*-ацилизоксазолонидонов. Асимметрический синтез α -замещенных карбоновых кислот. Еноляты на основе производных α - и β -оксикислот. Ковалентные еноляты и их реакции с электрофилами. Синтез силиленолятов. Силиленоляты в реакциях с катионоидными электрофилами. Электрофилы S_N2 -типа в реакциях с ковалентными енолятами. Енамины как эквиваленты енолят анионов.

Лекция 8. Альдольная реакция.

Основной и кислотный катализ. Использование литиевых и силильных енолятов. Реакция Мукаями. Ацетали как электрофилы в реакции с силиленолятами. Силиленоляты как предшественники енолят-анионов. Диастереоселективность и энантиоселективность. Реакции альдегидов, содержащих асимметрический центр. Диастереоселективность в реакции прохиральных альдегидов с прохиральными енолятами. Реакции енолятов, содержащих асимметрический центр. Использование реагентов Эванса. Еноляты, содержащие хиральные заместители при атоме металла. Асимметрический катализ. Органокатализ. Использование альдольной реакции в синтезе природных соединений.

Лекция 9. Реакция Михаэля.

Реакции акцепторов Михаэля с гетероатомными нуклеофилами. Реакции акцепторов Михаэля с C-нуклеофилами. Цианид- и нитронат-анионы как нуклеофилы. Еноляты 1,3-дикарбонильных соединений как нуклеофилы. Енамины как нуклеофилы. Силиленоляты как C-нуклеофилы. Аллилсиланы как нуклеофилы. Нитросоединения как акцепторы Михаэля в синтезе 1,4-дифункциональных соединений. Селективность присоединения карбанионных реагентов к α,β -непредельным карбонильным соединениям. Купраты как эквиваленты C-нуклеофилов. Силилирующие реагенты как активаторы присоединения купратов. Каталитическая асимметрическая реакция Михаэля.

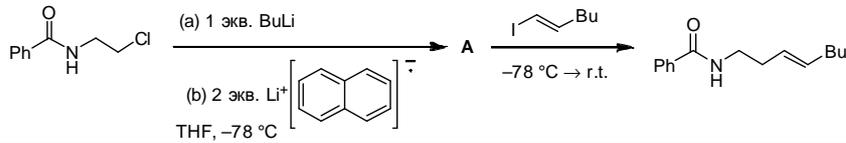
		<p>Лекция 10. Реакция Михаэля как стратегическая реакция в полном синтезе. Последовательное присоединение-алкилирование. Присоединение-алкилирование как ключевая стадия в синтезе природных соединений. Некоторые новые подходы к реализации 1,4-присоединения C-нуклеофилов к сопряженным карбонильным соединениям. Реакция Бейлиса-Хиллмана.</p> <p>Лекция 11. Олефинирование карбонильной группы. Реакции Виттига и Хорнера-Уодсворта-Эммонса. Фосфониевые илиды (фосфораны) в реакции олефинирования. Общая характеристика реакции. Механизм и область синтетического применения. Нестабилизированные илиды фосфора в стереоконтролируемом синтезе алкенов. Стабилизированные илиды фосфора в синтезе α,β-непредельных карбонильных производных. Дополнительные синтетические возможности реакций функционализированных фосфоний-илидов. Реакция Виттига в синтезе природных соединений. Связка присоединение по Михаэлю-реакция Виттига в синтезе непредельных соединений. Фосфонаты в реакциях олефинирования. Реакция Хорнера-Уодсворта-Эммонса. Возможности контролируемого создания <i>E</i>- и <i>Z</i>-алкеновых фрагментов. Фосфонатное олефинирование в синтезе природных соединений.</p> <p>Лекция 12. α-Гетероатомные карбанионы в реакциях с карбонильными соединениями. Реакция Петерсона. Эквиваленты ацил-анионов в реакциях образования углерод-углеродной связи. 1,3-Дитианы: реакции алкилирования и ацилирования литиевых производных дитианов. Литий-дитианы в реакциях Михаэля. Литий-1,3-дитиан как бидентантный реагент в синтезах природных соединений. Перегруппировка Брука. Ациклические тиоацетали. Кетентиоацетали. Трис(арилтио)ортомуравьиный эфир. Защищенные циангидрины альдегидов. Реакции альдегидов в условиях катализа цианид-ионом или солями тиазолия.</p>
--	--	---

4.2.2. Семинары (практические занятия)

№ раз-дела	№ заня-тия	Тема	Кол-во ча-сов
1	1	Семинар 1. Решение задач. Общие принципы органического синтеза.	2 часа.
	2	Семинар 2. Решение задач. Литий- и магнийорганические соединения	2 часа.
	3	Семинар 3. Решение задач. Купратные реагенты в реакциях C-C сочетания.	1 час.
	4	Семинар 4. Решение задач. Использование ацетиленов в синтезе ациклических соединений.	2 часа.
	5	Семинар 5. Решение задач. Методы образования углерод-углеродной связи с использованием катализа комплексами палладия.	1 час.
	6	Семинар 6. Решение задач. Карбонильная группа как электрофил в реакциях образования углерод-углеродной	2 часа.

		связи. Рейтинговая работа №1	
	7	Семинар 7. Решение задач. Алкилирование енолятов как один из универсальных путей создания sp^3 - sp^3 углерод-углеродной связи. Альдольная реакция.	2 часа.
	8	Семинар 8. Решение задач. Реакция Михаэля как стратегическая реакция в полном синтезе.	2 часа.
	9	Семинар 9. Решение задач. Олефинирование карбонильной группы.	2 часа.
	10	Семинар 10. Метиленирование карбонильных соединений карбеновыми комплексами титана. Илиды серы в реакциях с альдегидами и кетонами. Реакции 2-литий-2-силлил-1,3-дителиана с эпоксидами. Рейтинговая работа №2.	2 часа.
2	1	Семинар 1. Решение задач. Перегруппировка Кляйзена.	1 час.
	2	Семинар 2. Решение задач. Перегруппировка Коупа.	1 час.
	3	Семинар 3. Решение задач. Синтез энантиомерно чистых соединений.	2 часа.
	4	Семинар 4. Решение задач. Методы образования трехчленного цикла.	2 часа.
	5	Семинар 5. Решение задач. Методы образования четырехчленного цикла.	2 часа.
	6	Семинар 6. Решение задач. Синтез пятичленного цикла. Рейтинговая работа №3.	2 часа.
	7	Семинар 7. Решение задач. Синтез шестичленного цикла.	2 часа.
	8	Семинар 8. Решение задач. Присоединение по кратной связи.	2 часа.
	9	Семинар 9. Внутримолекулярные циклизации. Реакция Дильса-Альдера	2 часа.
	10	Семинар 10. Метатезис. Разбор зачетных заданий.	2 часа.

4.2.4. Самостоятельное изучение разделов дисциплин

№ раздела	№ вопроса	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	1	<p>ДЗ. Литий- и магнийорганические соединения как C-нуклеофилы. При действии на N-(2-хлорэтил)бензамид бутиллитием и нафтаденидом лития генерируется литийорганическое соединение A, которое взаимодействует с гексенилиодидом. Приведите структуру соединения A и предложите механизм образования продукта реакции.</p> 
	2	ДЗ. Приведите последовательность стадий.

3		<p>ДЗ. В приведенной реакции происходит селективное образование продукта A или B в зависимости от природы галогена X. Какой продукт будет получаться при X = Br, а какой при X = I?</p>
2	1	<p>ДЗ. Приведите последовательность стадий.</p>
		<p>ДЗ. Приведите последовательность стадий.</p>

5. Образовательные технологии

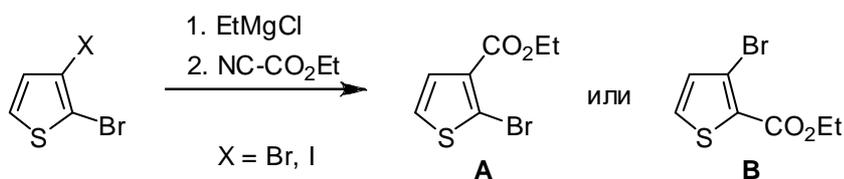
- включение аспирантов в научно-исследовательскую деятельность: разработка новых методов синтеза в собственной научно-исследовательской работе аспиранта в лаборатории, где он выполняет данные исследования.
- Дискуссии о планировании эксперимента в области органической химии: «насколько математическое моделирование соединений для синтеза с заранее заданными свойствами может заменить интуицию химика-синтетика?»;
- Лекции по тематике курса с приглашением зарубежных ученых;
- Все преподавание дисциплин проводится в форме авторских курсов и авторских учебников [Литература, 1] по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ, ИОХ РАН и ИНЭОС РАН.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

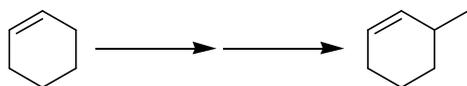
Рейтинговые работы:

Рейтинговая работа №1.

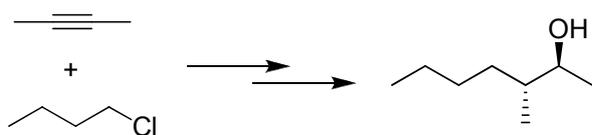
1. В приведенной реакции происходит селективное образование продукта **A** или **B** в зависимости от природы галогена X. Какой продукт будет получаться при X = Br, а какой при X = I?



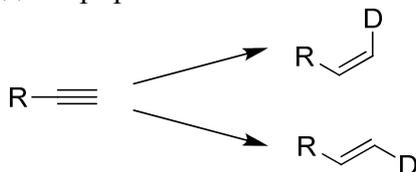
2. Предложите способ трансформации циклогексена в 3-метилциклогексен в две стадии.



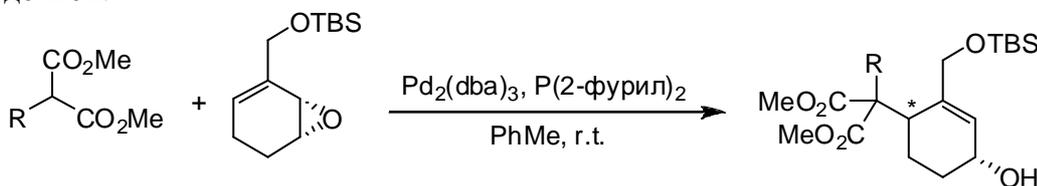
3. Предложите диастереоселективный синтез показанного продукта, исходя из 2-бутина и бутилхлорида и других необходимых реагентов.



4. Предложите методы трансформации терминальных ацетиленов в *цис* и *транс* монодейтерированные алкены.

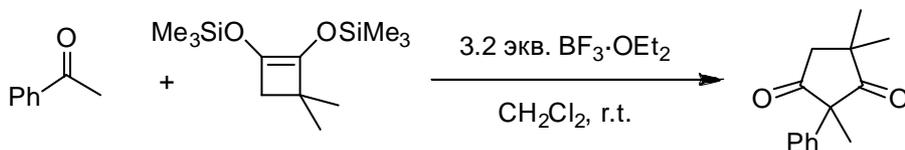


5. Предложите механизм реакции и укажите конфигурацию стереоцентра, отмеченного звездочкой.

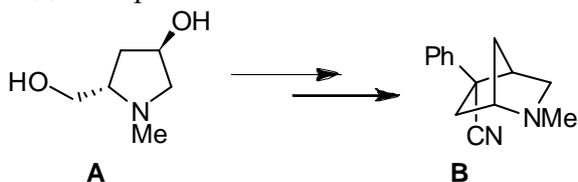


Рейтинговая работа №2.

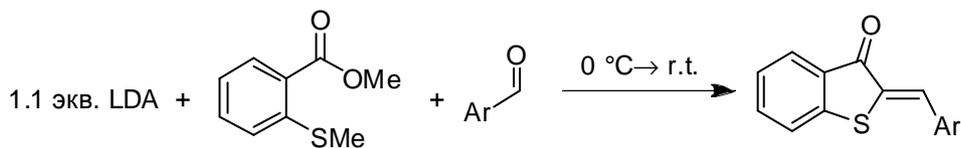
1. Приведите последовательность стадий.



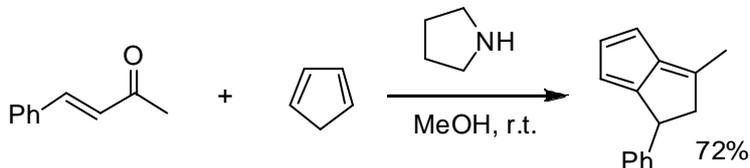
2. Предложите способ трансформации вещества **A** в **B** в две стадии, используя любые необходимые реагенты.



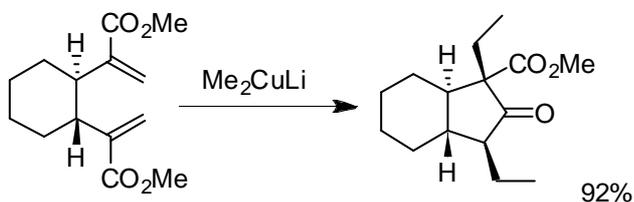
3. Прибавление смеси субстратов к LDA привело к показанному продукту. Приведите последовательность стадий.



4. Предложите механизм и последовательность стадий.

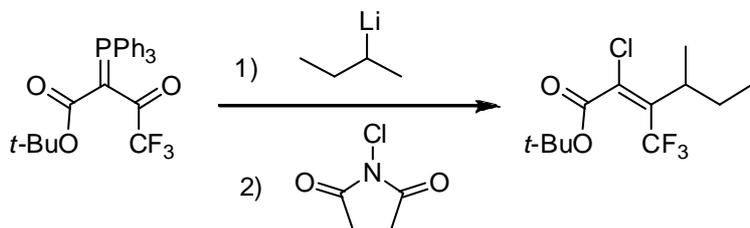


5. Приведите последовательность стадий.

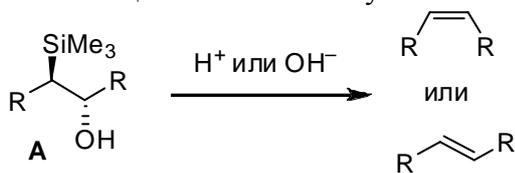


Рейтинговая работа №3.

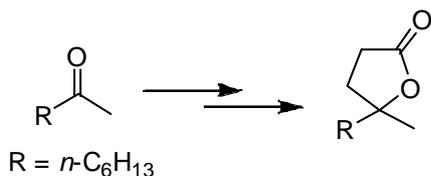
1. Предложите механизм превращения.



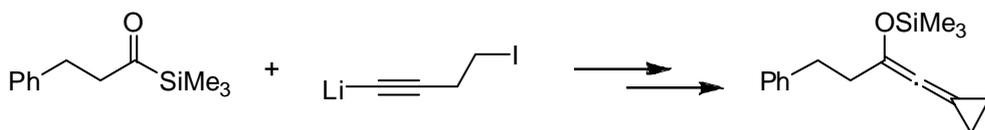
2. Соединение **A**, взятое в виде *анти*-диастереомера (как показано на рисунке), может элиминировать Me_3SiOH с образованием алкена. При этом, конфигурация двойной связи зависит от условий реакции. Какой продукт (*цис* или *транс*) будет получаться в кислой среде, а какой в щелочной? Почему?



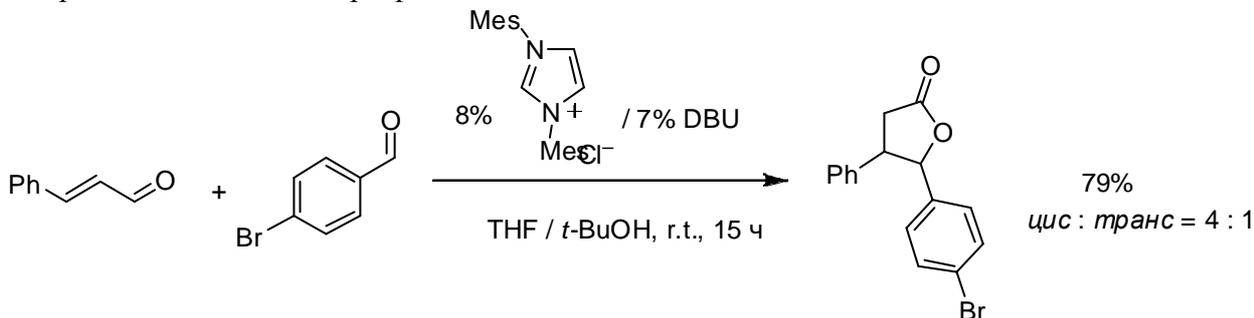
3. Предложите способ трансформации кетона в лактон, используя химию сульфониевых солей.



4. Приведите механизм последовательности стадий.

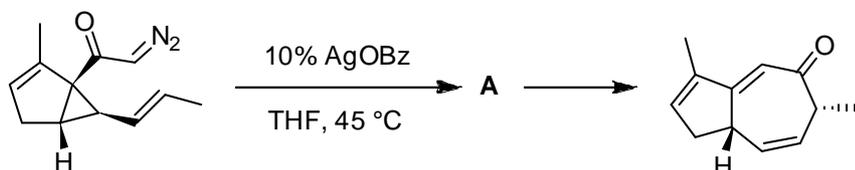


5. Приведите механизм превращения.

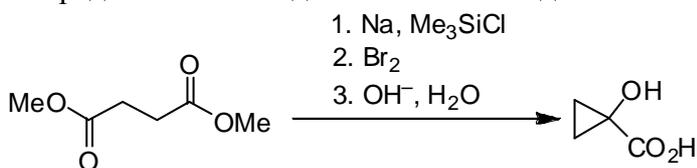


Рейтинговая работа №4.

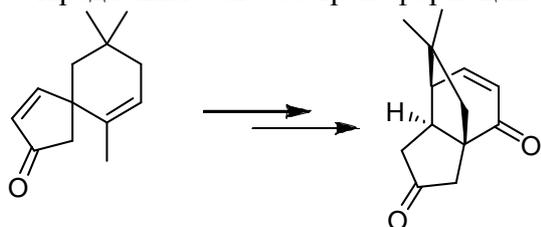
1. При обработке показанного диазокетона солью серебра генерируется интермедиат **A**, немедленно превращающийся в конечный продукт. Приведите структуру **A** и механизм его превращения.



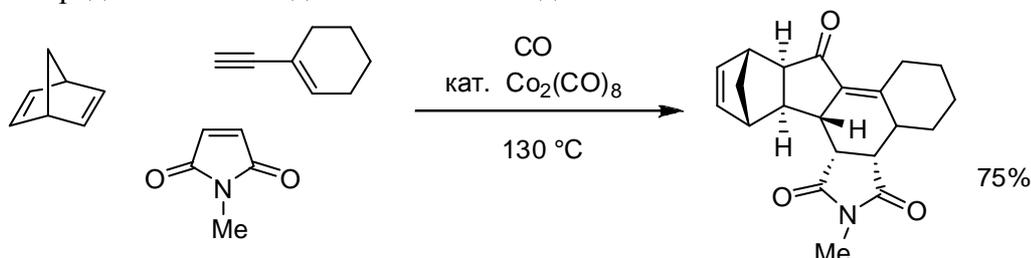
2. Предложите последовательность стадий.



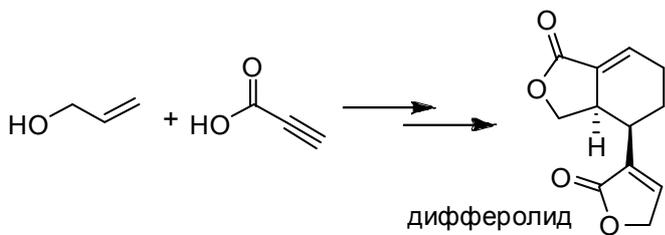
3. Предложите способ трансформации одного вещества в другое.



4. Предложите последовательность стадий.



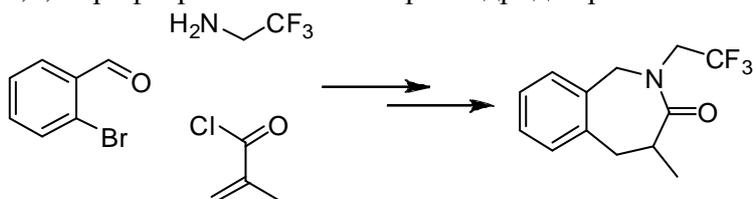
5. Предложите способ синтеза природного соединения диффероида, используя аллиловый спирт и пропионовую кислоту в качестве единственных источников углерода.



Контрольные вопросы к зачету

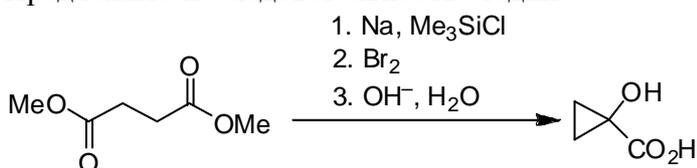
Задача 1.

Предложите способ трансформации орто-бромбензальдегида в целевой продукт, используя 2,2,2-трифторэтиламин и хлорангидрид акриловой кислоты и другие необходимые реагенты.



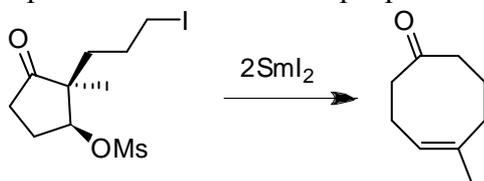
Задача 2.

Предложите последовательность стадий.



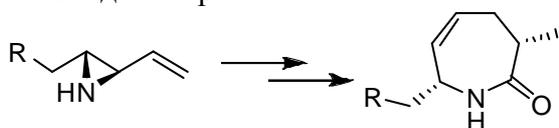
Задача 3.

Предложите механизм превращения.



Задача 4.

Предложите способ трансформации одного вещества в другое в две стадии, используя любые необходимые реагенты.



Список вопросов (тем) для подготовки к экзамену:

1. Общие принципы органического синтеза.
2. Литий- и магнийорганические соединения как C-нуклеофилы.
3. Купратные реагенты в реакциях C-C сочетания.
4. Использование ацетиленов в синтезе ациклических соединений.
5. Методы образования углерод-углеродной связи с использованием катализа комплексами палладия.
6. Карбонильная группа как электрофил в реакциях образования углерод-углеродной связи.
7. Алкилирование енолятов как один из универсальных путей создания sp^3 - sp^3 углерод-углеродной связи.
8. Альдольная реакция.
9. Реакция Михаэля.

10. Реакция Михаэля как стратегическая реакция в полном синтезе.
11. Олефинирование карбонильной группы.
12. α -Гетероатомные карбанионы в реакциях с карбонильными соединениями.
13. Эквиваленты ацил-анионов в реакциях образования углерод-углеродной связи.
14. Перегруппировка Кляйзена.
15. Перегруппировка Коупа.
16. Синтез энантиомерно чистых соединений.
17. Методы образования трехчленного цикла.
18. Методы образования четырехчленного цикла.
19. Анионные и катионные циклизации в синтезе циклопентановых систем.
20. Анионные и катионные циклизации в синтезе циклогексановых систем.
21. Гомолитическое присоединение по кратным углерод-углеродным связям.
22. Внутримолекулярные циклизации с участием алкильных радикалов.
23. Реакция Дильса-Альдера.
24. Внутримолекулярные варианты реакции Дильса-Альдера.
25. Метатезис олефинов и ацетиленов.

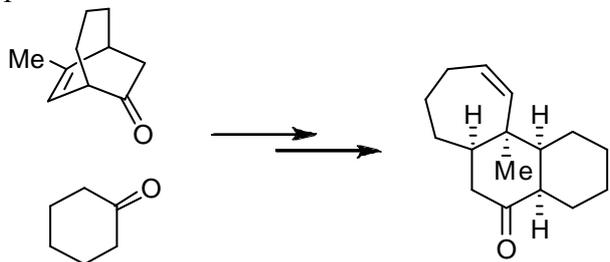
Примеры билетов для зачета:

Задание 1.

Предложите методы получения бифенилов по реакциям кросс-сочетания.

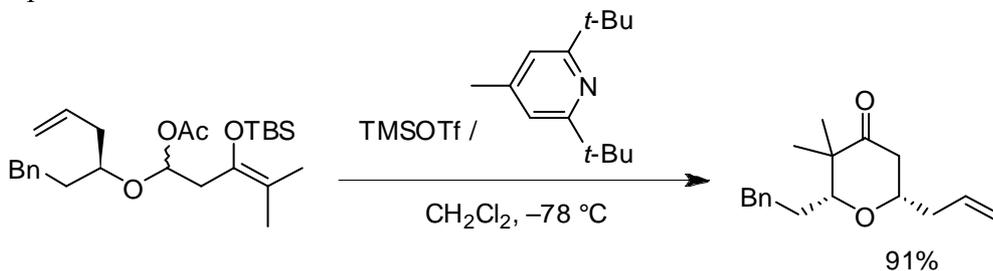
Задание 2.

Предложите синтез трициклического продукта, используя в качестве источника атомов углерода только показанные кетоны.



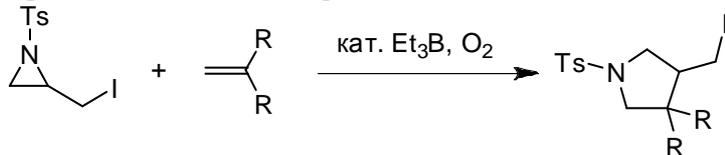
Задание 3.

Приведите последовательность стадий.



Задание 4.

Предложите механизм реакции.



7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. В.А. Смит, А.Д. Дильман, Основы современного органического синтеза, М.: БИНОМ. Лаб. знаний,, 2015. 750 с.
2. В.А. Смит, А.Ф. Бочков, Р. Кэйпл, Органический синтез, М.: Мир, 2001.
3. М.А. Юровская. Химия ароматических гетероциклических соединений - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2014. - 208 с..
4. Дж. Марч., Органическая химия, М.: Мир, 1987.

Дополнительная литература

1. К.С. Nicolaou, E. J. Sorensen, Classics in Total Synthesis, 1995, VCH, Weinheim.
2. E. J. Corey, X. Cheng, The logic of chemical synthesis, 1989, John Wiley, New York.
3. E.M. Carreira, L. Kvaerno, Classics in Stereoselective Synthesis, 2009, Wiley-VCH, Weinheim.

Интернет-ресурсы

1. Электронный каталог печатной подписки ИОХ РАН http://www.ioc.ac.ru/lib_journals/index.html
2. Проект Научная электронная библиотека (www.elibrary.ru).
3. Доступ к полным текстам журналов через электронную библиотеку РФФИ, через НЕ-ИКОН. Возможность полнотекстового поиска на сайтах издательств. Поиск по специальным полям — ISSN. DOI
4. Каталоги БЕН РАН и ВИНТИ РАН.
5. Поиск с использованием Google Scholar (<http://scholar.google.com/>).
6. Сайт с перечислением журналов по естественным наукам и издателям этих журналов (ChemPort CAS)
7. Поиск конкретных работ (статей из научных журналов) с использованием системы CrossRef (DOI)
8. STN International - крупнейший источник библиографических баз данных по научно-техническим дисциплинам (www.cas.org).
9. SCOPUS
10. Web of Science на платформе Web of Knowledge. \
11. Информационные ресурсы издательства Chemical Abstracts Service (CAS). <http://www.cas.org/>
 - 11.1. Структурно-химическая база данных CASREACT.
 - 11.2. SciFinder/SciFinderShcolar – информационно-поисковая система производства CAS. <http://www.cas.org/expertise/cascontent/ataglance/>
12. REAXYS <https://www.reaxys.com/>
13. Доступ к полным текстам патентов. <http://ep.espacenet.com/>
14. Европейское патентное ведомство <http://www.uspto.gov/main/sitesearch.htm>
15. Американское патентное ведомство http://www.ipdl.inpit.go.jp/homepg_e.ipdl
16. Японское патентное ведомство (с автоматическим переводом текста патентов с японского на русский)
17. Российская библиографическая патентная база данных (www.fips.ru).
18. Патентные БД в STN International.
19. Патентная БД Questel Orbit www.qpat.com

Методические указания к семинарским занятиям и итоговому контролю:

Рекомендуемый порядок проведения семинарского занятия:

- объявить тему текущего семинарского занятия,
- предложить аспирантам и при необходимости обсудить с ними вопросы, вызвавшие затруднения при выполнении домашнего задания (в течение занятия в соответствующих разделах курса обязательно рассмотреть эти вопросы),
- провести опрос аспирантов по основным вопросам текущего семинарского занятия,

- особое внимание уделить решению практических задач по всем разделам изучаемой темы,
- по окончании занятия подвести итог, выделить главное из изученной темы, проинформировать аспирантов о теме следующего семинара.

Преподаватель, ведущий занятия в группе, в течение всего курса должен постоянно информировать аспирантов о результатах текущего рейтингового контроля.

Программное обеспечение современных информационных компьютерных технологий

1. Программный пакет Microsoft Imagine premium.
2. Программы рисования химических структур ChemDraw.
3. Базы данных ЯМР на сервере ИОХ РАН <http://nmr.ioc.ac.ru:8080>
4. Издательские базы данных статей журналов “Успехи химии” и “Mendeleev Communications”.
5. База данных «ScienceDirect» (Elsevier).

8. Материально-техническое обеспечение

Лекционные аудитории ИОХ РАН (конференц-зал, ауд. 322, 422 гл. корп., 2, 3 учебного корп. Компьютеров – 15, проекционное оборудование, микрофоны, усилители.

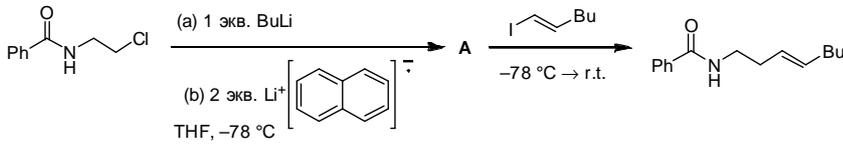
Фонд оценочных средств

Теоретические вопросы

1. Общие принципы органического синтеза.
2. Литий- и магнийорганические соединения как C-нуклеофилы.
3. Купратные реагенты в реакциях C-C сочетания.
4. Использование ацетиленов в синтезе ациклических соединений.
5. Методы образования углерод-углеродной связи с использованием катализа комплексами палладия.
6. Карбонильная группа как электрофил в реакциях образования углерод-углеродной связи.
7. Алкилирование енолятов как один из универсальных путей создания sp^3 - sp^3 углерод-углеродной связи.
8. Альдольная реакция.
9. Реакция Михаэля.
10. Реакция Михаэля как стратегическая реакция в полном синтезе.
11. Олефинирование карбонильной группы.
12. α -Гетероатомные карбанионы в реакциях с карбонильными соединениями.
13. Эквиваленты ацил-анионов в реакциях образования углерод-углеродной связи.
14. Перегруппировка Кляйзена.
15. Перегруппировка Коупа.
16. Синтез энантимерно чистых соединений.
17. Методы образования трехчленного цикла.
18. Методы образования четырехчленного цикла.
19. Анионные и катионные циклизации в синтезе циклопентановых систем.
20. Анионные и катионные циклизации в синтезе циклогексановых систем.
21. Гомолитическое присоединение по кратным углерод-углеродным связям.
22. Внутримолекулярные циклизации с участием алкильных радикалов.
23. Реакция Дильса-Альдера.
24. Внутримолекулярные варианты реакции Дильса-Альдера.
25. Метатезис олефинов и ацетиленов.

Задачи или тесты для самостоятельной (домашней) работы:

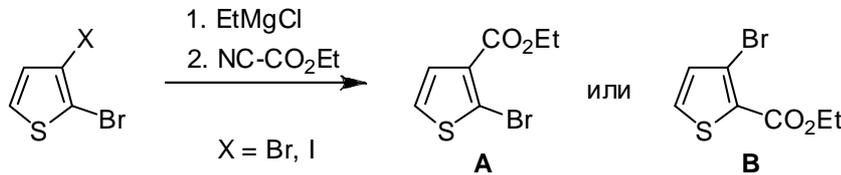
1. При действии на N-(2-хлорэтил)бензамид бутиллитием и нафтаденидом лития генерируется литийорганическое соединение **A**, которое взаимодействует с гексенилиодидом. Приведите структуру соединения **A** и предложите механизм образования продукта реакции.



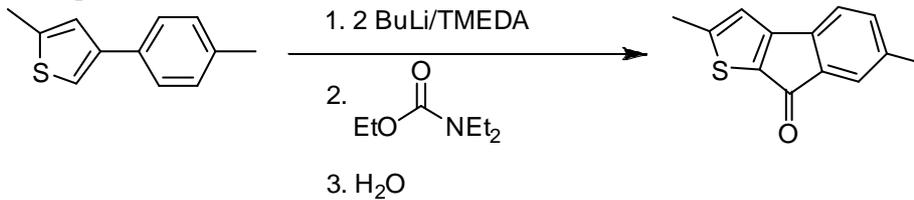
2. Приведите последовательность стадий.



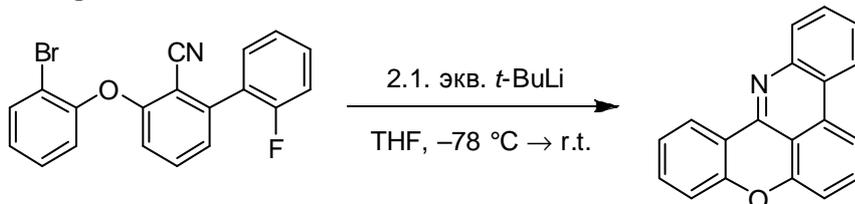
3. В приведенной реакции происходит селективное образование продукта **A** или **B** в зависимости от природы галогена X. Какой продукт будет получаться при X = Br, а какой при X = I?



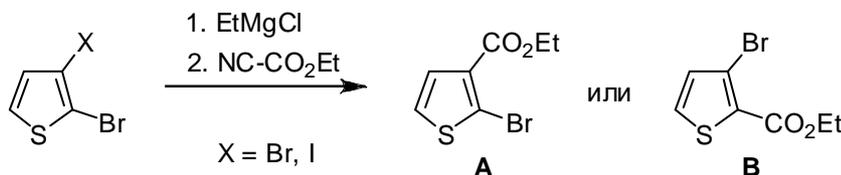
4. Приведите последовательность стадий.



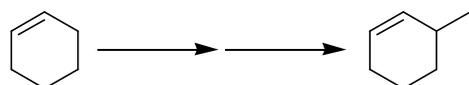
5. Приведите последовательность стадий.



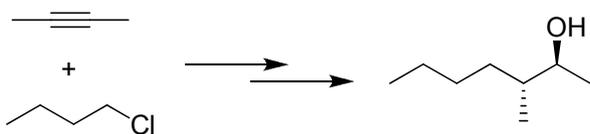
6. В приведенной реакции происходит селективное образование продукта **A** или **B** в зависимости от природы галогена X. Какой продукт будет получаться при X = Br, а какой при X = I?



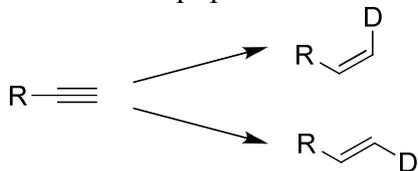
7. Предложите способ трансформации циклогексена в 3-метилциклогексен в две стадии.



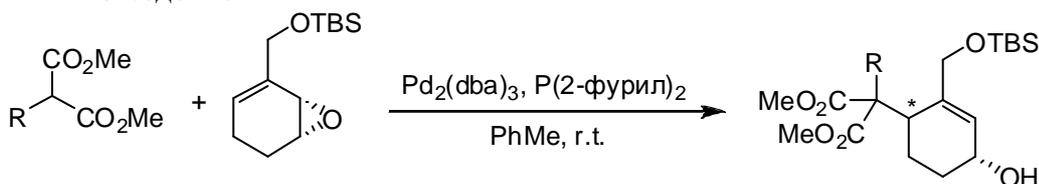
8. Предложите диастереоселективный синтез показанного продукта, исходя из 2-бутина и бутилхлорида и других необходимых реагентов.



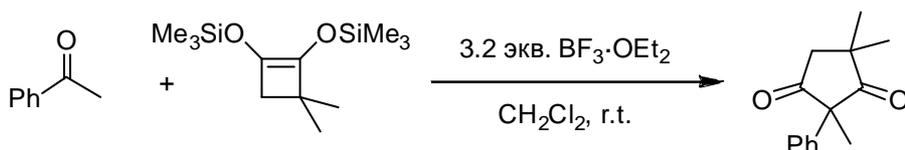
9. Предложите методы трансформации терминальных ацетиленов в *цис* и *транс* монодейтерированные алкены.



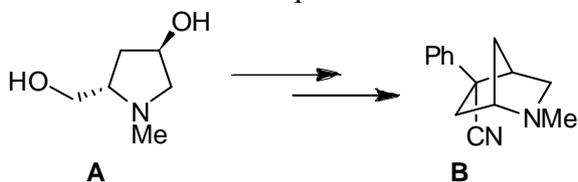
10. Предложите механизм реакции и укажите конфигурацию стереоцентра, отмеченного звездочкой.



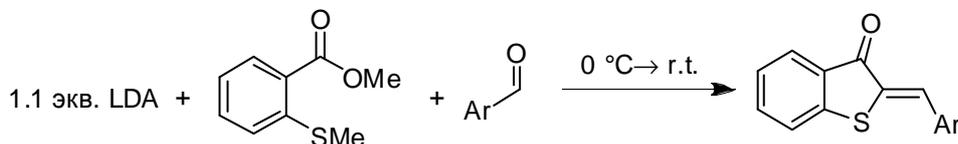
11. Приведите последовательность стадий.



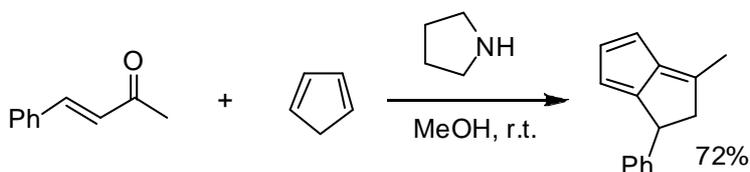
12. Предложите способ трансформации вещества **A** в **B** в две стадии, используя любые необходимые реагенты.



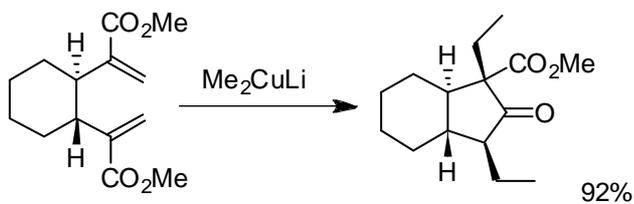
13. Прибавление смеси субстратов к LDA привело к показанному продукту. Приведите последовательность стадий.



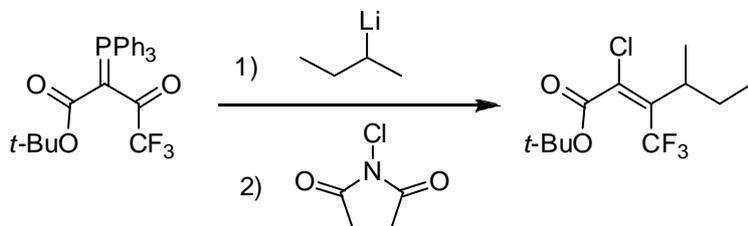
14. Предложите механизм и последовательность стадий.



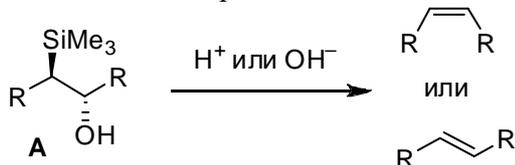
15. Приведите последовательность стадий.



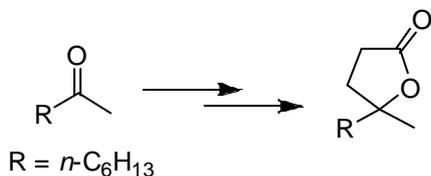
16. Предложите механизм превращения.



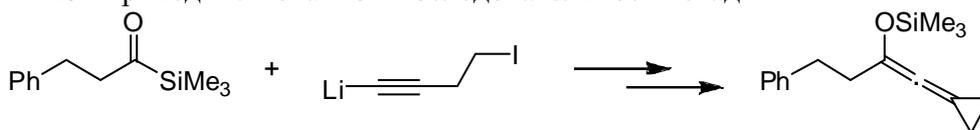
17. Соединение **A**, взятое в виде *анти*-диастереомера (как показано на рисунке), может элиминировать Me_3SiOH с образованием алкена. При этом, конфигурация двойной связи зависит от условий реакции. Какой продукт (*цис* или *транс*) будет получаться в кислой среде, а какой в щелочной? Почему?



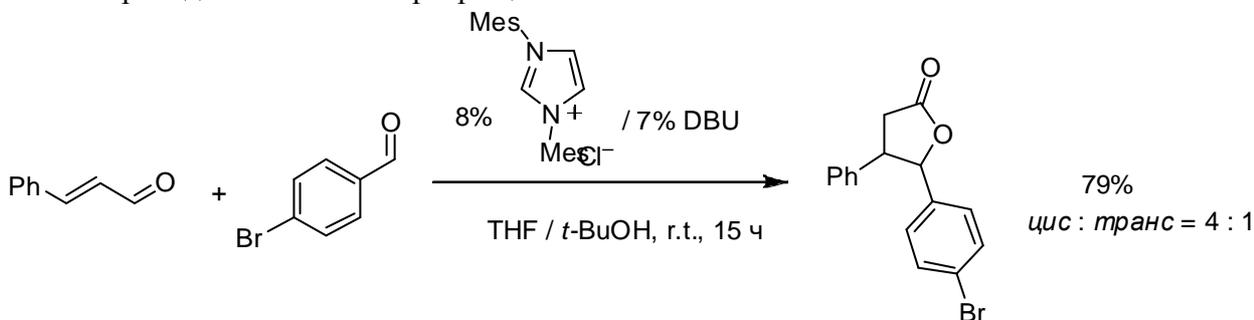
18. Предложите способ трансформации кетона в лактон, используя химию сульфониевых солей.



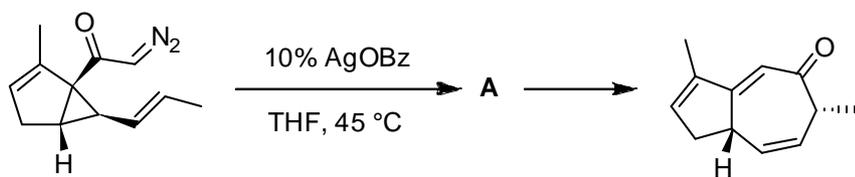
19. Приведите механизм последовательности стадий.



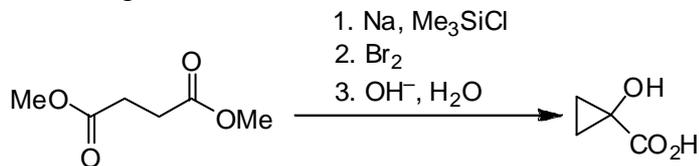
20. Приведите механизм превращения.



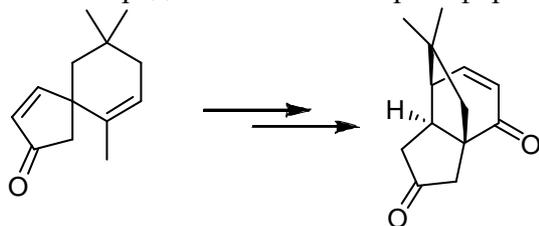
21. При обработке показанного диазокетона солью серебра генерируется интермедиат **A**, немедленно превращающийся в конечный продукт. Приведите структуру **A** и механизм его превращения.



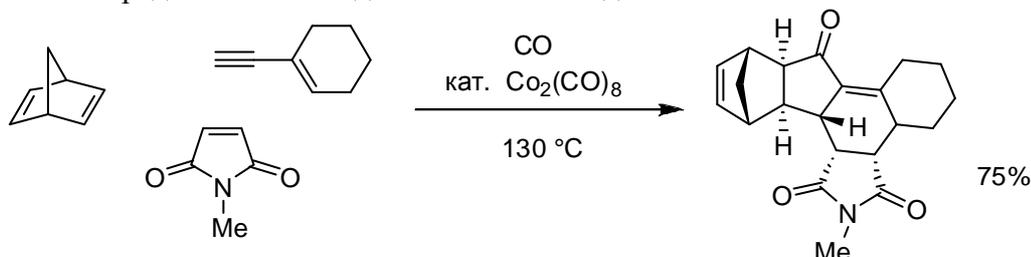
22. Предложите последовательность стадий.



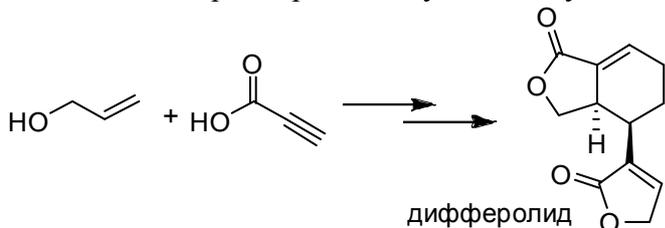
23. Предложите способ трансформации одного вещества в другое.



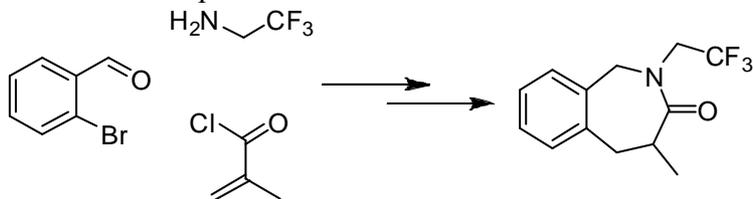
24. Предложите последовательность стадий.



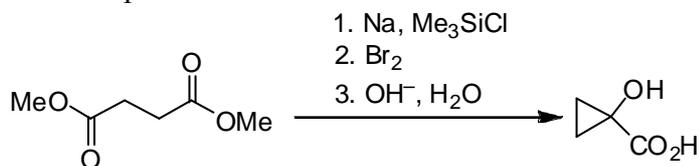
25. Предложите способ синтеза природного соединения дифферолида, используя аллиловый спирт и пропионовую кислоту в качестве единственных источников углерода.



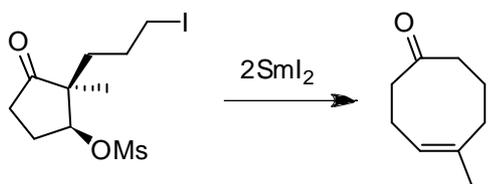
26. Предложите способ трансформации орто-бромбензальдегида в целевой продукт, используя 2,2,2-трифторэтиламин и хлорангидрид акриловой кислоты и другие необходимые реагенты.



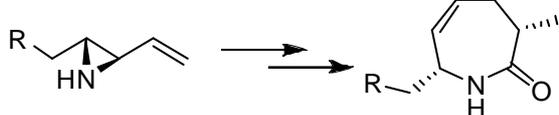
27. Предложите последовательность стадий.



28. Предложите механизм превращения.

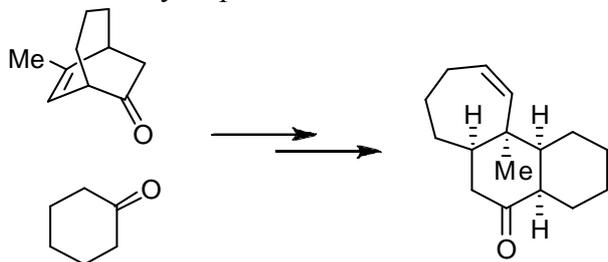


29. Предложите способ трансформации одного вещества в другое в две стадии, используя любые необходимые реагенты.

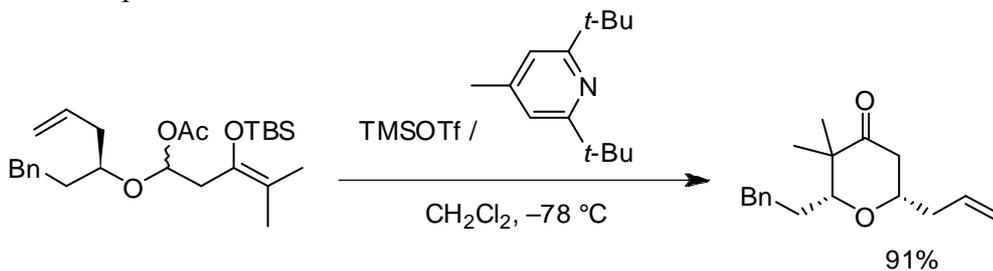


30. Предложите методы получения бифенилов по реакциям кросс-сочетания.

31. Предложите синтез трициклического продукта, используя в качестве источника атомов углерода только показанные кетоны.



32. Приведите последовательность стадий.



33. Предложите механизм реакции.

