

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет химии и высоких технологий  
Кафедра органической химии и технологий

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по научной работе  
и инновациям, проф.  
М.Г. Барышев  
«27» апреля 2018



**Рабочая учебная программа по дисциплине**

**Б1.В.ОД.2 СТРАТЕГИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА**

Направление подготовки  
**04.06.01 Химические науки**

Профиль подготовки  
**02.00.03 Органическая химия**

Квалификация выпускника:  
**Преподаватель. Исследователь-преподаватель.**

Форма обучения  
**очная**

Краснодар 2018


Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.2 «Стратегия органического синтеза» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 869 по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки , профиль 02.00.03 Органическая химия.

Программу составил:  
заведующий кафедрой органической  
химии и технологий, д-р хим. наук

  
В. В. Доценко

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры органической химии и технологий «19» апреля 2018 г. протокол № 12

Заведующий кафедрой органической  
химии и технологий, д-р хим. наук

  
В. В. Доценко

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий протокол № 5 «20» апреля 2018г.

Председатель УМК факультета  
канд. хим. наук, доцент

  
Т. П. Стороженко

Зав. отделом аспирантуры  
д-р физ.-мат. наук, доцент

  
Е.В. Строганова

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины «Стратегия органического синтеза» является изучение современных методов и подходов органического синтеза, а также формирование у аспирантов знаний и умений, позволяющих самостоятельно планировать и осуществлять как простые, так и сложные многостадийные синтезы различных органических соединений, в т.ч. красителей, биологически активных веществ, фармацевтических препаратов и т.п.

### 1.2 Задачи дисциплины

Задачи учебной дисциплины «Стратегия органического синтеза» состоят в освоении профессиональных знаний, умений и получении профессиональных навыков в области химического синтеза сложных органических веществ.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Стратегия органического синтеза» относится к вариативной части Блока 1 дисциплин подготовки аспирантов и является обязательной дисциплиной.

### 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 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	Готовностью использовать на практике основные принципы, теории и концепции современной органической химии	принципы физических методов исследования для изучения структуры и свойств органических соединений	интерпретировать результаты прямых и косвенных методов определения структуры веществ с точки зрения современных химических теорий	навыками использования современных достижений в области органической химии, а также смежных дисциплин
2.	ПК-2	Готовностью к научно-исследовательской деятельности и получению научных результатов, удовлетворяющих требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности	требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) в академическом и бизнес сообществе	методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по профилю 02.00.03

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		«Органическая химия»			Органическая химия

## 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	Курсы		
		1	2	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	66	36	30	
В том числе:				
Занятия лекционного типа	16	8	8	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	50	28	22	
Контролируемая самостоятельная работа				
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	87	36	51	
В том числе:				
Оформление лабораторных работ и подготовка к их защите	32	12	20	
Изучение теоретического материала	34	14	20	
Решение задач	21	10	11	
<b>Контроль</b>	27		27	
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		зачет	экзамен	
Общая трудоемкость	час	180	72	108
	зач. ед.	5	2	3

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые на 1-ом курсе

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Цели органического синтеза	4	2			2
2.	Новые синтетические подходы	6	2	2		2
3.	Планирование и общая стратегия синтеза	6	2	2		2

4.	Принципы образования одинарной углерод-углеродной связи	8		2		6
5.	Принципы образования связей C-Si, C-Ge, C-Sn	32	2		18	12
6.	Принципы образования двойной углерод-углеродной связи	8		2		6
7.	Принципы образования тройной углерод-углеродной связи	8		2		6
	<i>Итого по дисциплине:</i>	72	8	10	18	36

### Разделы дисциплины, изучаемые на 2-ом курсе

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
8.	Введение и взаимопревращения функциональных групп	13	2	2		9
9.	Ацетилен и его производные в органическом синтезе	14	2		6	6
10.	Образование циклических соединений	18	2	2	6	8
11.	Реакции окисления в органическом синтезе	8		2		6
12.	Реакции восстановления в органическом синтезе	8		2		6
13.	Защитные группы в органическом синтезе	8		2		8
14.	Избранные синтезы	10	2			8
	<i>Итого по дисциплине:</i>	81	8	10	12	51

### 2.3 Содержание разделов дисциплины:

#### 2.3.1 Занятия лекционного типа

1 курс

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Цели органического синтеза	Органический синтез как: -копирование изделий природы: природные красители (индиго и ализарин), витамины и лекарственные препараты (витамин С, таксол, метаболит FK-506), -поиск: история создания сульфаниламидных препаратов, -инструмент исследования: открытие свободных радикалов, синтезы	устный опрос

		периплана В и тромбоксана А <sub>2</sub> .	
2.	Новые синтетические подходы	Темплатный и матричный синтезы, тандемные и домино-реакции. Селективная, региоселективная, стереоселективная и энантиселективная реакции. Проведение химической реакции: подготовка исходных веществ и сборка аппаратуры; осуществление синтеза и контроль за его ходом; выделение продукта реакции; характеристика продукта реакции. Субстрат, реагент, катализатор, растворитель.	устный опрос
3.	Планирование и общая стратегия синтеза	Ретросинтетическое планирование: синтоны, синтетические эквиваленты, трансформации. Ретросинтетический анализ: трансформация расчленения, трансформация функциональной группы. Типичные синтоны и их синтетические эквиваленты. Алгоритм ретросинтетического подхода к планированию синтеза органических соединений: изучение структуры, особенностей углеродного скелета, взаимного расположения функциональных групп (ФГ); трансформация ФГ; выбор связей, наиболее подходящих для расчленения; анализ дерева синтеза. Синтезы: 3-гидрокси-3-фенилпентина-1, бензилмалонового эфира, α-гидроксibuтилбензола. Ассоциативный анализ. Синтетическое планирование: синтезы на основе ацетоуксусного эфира, метил-вторбутилкетона, изомасляной кислоты.	устный опрос
4.	Принципы образования связей C-Si, C-Ge, C-Sn	Основные способы получения элементоорганических производных кремния, германия и олова. Применение элементоорганических соединений в тонком органическом синтезе.	защита лабораторных работ № 1,2,3

### 2 курс

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
5.	Введение и взаимопревращения функциональных групп	Введение функциональных групп в алканы, алкены, алкины, в ароматические и гетероциклические соединения. Взаимопревращения функциональных групп: превращения гидроксильной, аминогруппы,	устный опрос

		галогенопроизводных, нитросоединений, альдегидов и кетонов, кислот и их производных.	
6.	Ацетилен и его производные в органическом синтезе	Гидрогалогенирование ацетилена, и его производных. Гомо- и гетерогенное каталитическое гидрохлорирование ацетилена, винилацетилена. Гидробромирование и гидрофторирование ацетилена. Гидратация, гидроцианирование, гидроацетоксилирование ацетилена и его производных. Винилирование гликолей, спиртов, фенолов. Область применения. Роль реакции винилирования в органическом синтезе. Присоединение серусодержащих органических соединений и сероводорода. Стереоселективность реакции, условия проведения, влияние заместителей в алкине на состав и строение конечных продуктов. Взаимодействие ацетилена с азотсодержащими соединениями. Реакции с аммиаком, аминами и др. азотсодержащими соединениями. Гидросилилирование ацетилена и его производных. Значение реакции, область применения. Реакции С-винилирования ароматических соединений, олефинов, алканов.	устный опрос, защита лабораторной работы № 4
7.	Образование циклических соединений	Внутримолекулярная циклизация в результате электрофильно-нуклеофильного взаимодействия. Условия внутримолекулярного циклообразования. Правила Болдуина. Присоединение по Михаэлю в процессах циклизации; образование ароматических карбоциклических систем; образование гетероароматических циклов; образование средних и больших циклов: реакции Дикмана, Торпа-Циглера, ацилоиновая конденсация. Циклоприсоединение. Реакция Дильса-Альдера; 1,3-диполярное циклоприсоединение; присоединение карбенов и нитренов к алкенам. Реакция Симмонса-Смита. Электроциклическое циклообразование.	устный опрос, защита лабораторной работы № 5
8.	Избранные синтезы	Синтез Z-Геникосен-6-она-11. Синтез Z-жасмона. Гелицены. Анулены. Синтезы стероидов. Полный синтез кортизона.	выполнение творческого задания

		Превращение растительных стероидов в стероидные гормоны. Синтез пептидов. Техника синтеза пептидов. Защитные группы. Реакции образования пептидной связи. Твердофазный синтез пептидов.	
--	--	---	--

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

#### 1 курс

№	Наименование раздела	Наименование практических работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Новые синтетические подходы	Дискуссия на тему «Проблемы и перспективы развития органического синтеза».	устный опрос
2.	Планирование и общая стратегия синтеза	Индивидуальное решение задач базового уровня и коллективное решение заданий повышенной сложности.	решение задач
3.	Принципы образования одинарной углерод-углеродной связи	Семинар по теме «Основные методы создания одинарной углерод-углеродной связи».	устный опрос
4.	Принципы образования двойной углерод-углеродной связи	Семинар по теме «Основные методы создания двойной углерод-углеродной связи».	устный опрос
5.	Принципы образования тройной углерод-углеродной связи	Семинар по теме «Основные методы создания тройной углерод-углеродной связи».	устный опрос

#### 2 курс

№	Наименование раздела	Наименование практических работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
6.	Введение и взаимопревращения функциональных групп	Семинар по теме «Введение и взаимопревращения функциональных групп».	устный опрос
7.	Образование циклических соединений	Семинар по теме «Методы синтеза циклических соединений».	устный опрос
8.	Реакции окисления в органическом синтезе. Реакции восстановления в органическом	Семинар по теме «Окислительно-восстановительные процессы в органическом синтезе».	устный опрос



	синтезе		
9.	Защитные группы в органическом синтезе	Семинар по теме «Методы защиты функциональных групп в органическом синтезе».	устный опрос
10.	Избранные синтезы	Творческое задание по теме «Полный синтез органических соединений сложного строения».	выполнение творческого задания

### 2.3.3 Лабораторные занятия

1 курс

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
6.	Принципы образования связей C-Si, C-Ge, C-Sn	Синтезы германийорганических соединений.	защита лабораторной работы № 1
7.	Принципы образования связей C-Si, C-Ge, C-Sn	Синтезы кремнийорганических ацетиленовых соединений.	защита лабораторной работы № 2
8.	Принципы образования связей C-Si, C-Ge, C-Sn	Синтезы оловоорганических соединений.	защита лабораторной работы № 3

2 курс

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
4.	Ацетилен и его производные в органическом синтезе	Синтезы терминальных алкинов.	защита лабораторной работы № 4
5.	Образование циклических соединений	Синтезы кумаринов.	защита лабораторной работы № 5

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовой проект не предусмотрен 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.	Оформление лабораторных работ и подготовка к их защите	1 Практикум по органической химии [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. И. Теренин [и др.]. - М.: Лаборатория знаний, 2015. - 571 с. - Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/84123#authors">https://e.lanbook.com/book/84123#authors</a> .
2.	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/66366">https://e.lanbook.com/book/66366</a>. - Загл. с экрана.</p> <p>2 Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия [Текст] = Organometallchemie / К. Эльшенбройх; пер. с нем. Ю. Ф. Опруненко, Д. С. Перекалина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 746 с.</p> <p>3 Нековалентные взаимодействия в дизайне и синтезе новых соединений [Текст]: учебное пособие для студентов старших курсов, магистрантов и аспирантов вузов, обучающихся по специальности "Химия" / под ред. А. М. Магеррамова и др.; пер. с англ. В. Г. Ненайденко. - М.: Техносфера, 2016. - 623 с.</p> <p>4 Титце, Л. Домино-реакции в органическом синтезе [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. Титце, Г. Браше, Герике К.; под ред. Л. И. Беленького; пер. с англ. Л. И. Беленького, К. К. Пивницкого, В. Н. Граменицкой, С. И. Луйксаара. - Электрон. дан. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 674 с. - Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/94100">https://e.lanbook.com/book/94100</a>. - Загл. с экрана.</p> <p>5 Маки, Р. К. Путеводитель по органическому синтезу [Текст] / Р. Маки, Д. Смит; пер. с англ. Е. В. Ивойловой; под ред. В. М. Потапова. - М.: Мир, 1985. - 352 с.</p>
3.	Решение задач	<p>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: <a href="https://e.lanbook.com/book/94166">https://e.lanbook.com/book/94166</a> (94167, 94168, 84139). - Загл. с экрана.</p> <p>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.</p>

### 3. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины «Стратегия органического синтеза» предполагает использование следующих образовательных технологий:

1. Лекционные занятия:
  - а) традиционная лекция

- б) лекция-консультация

2. Практические занятия:

б) творческое задание

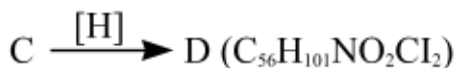
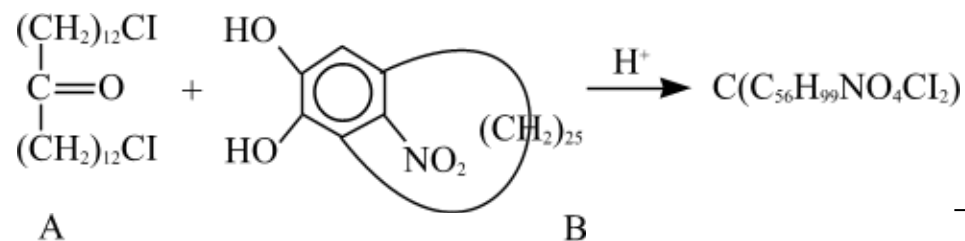
а) семинар

#### 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:



2) [O]

3)  $\text{H}^+(\text{H}_2\text{O})$

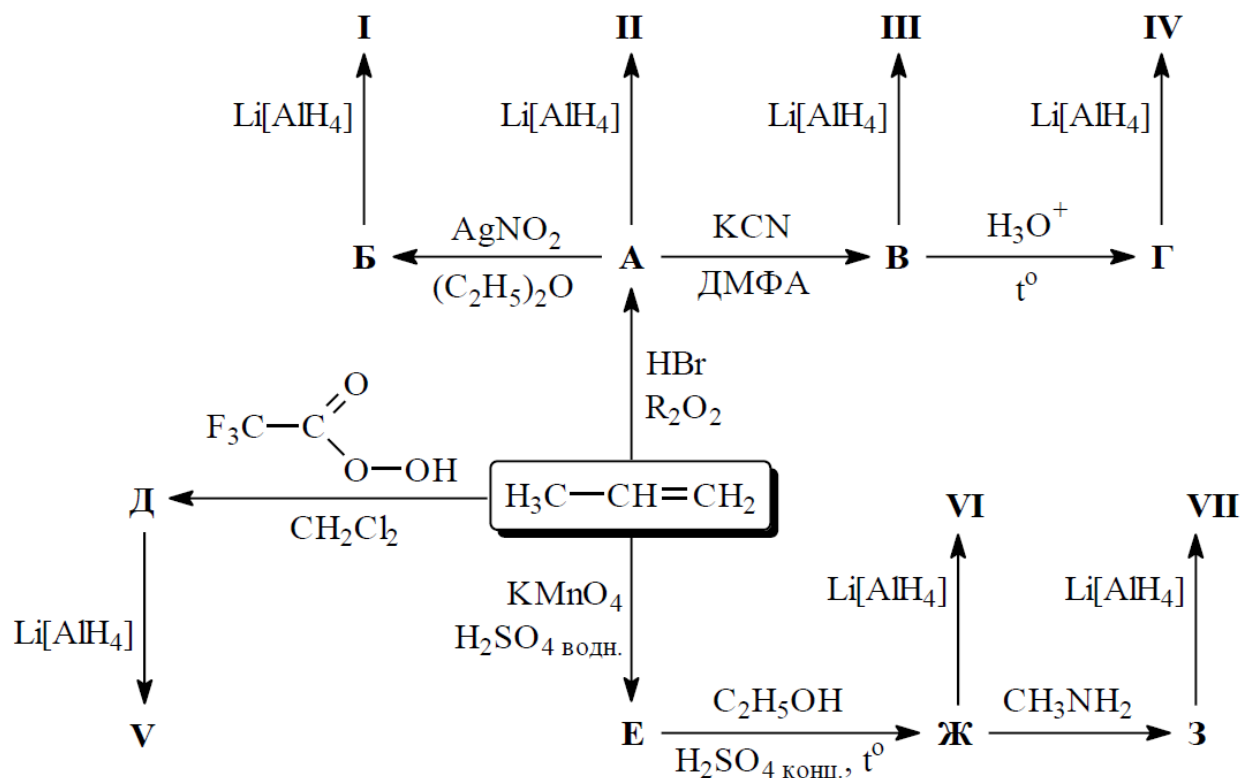
- 1) Приведите структурные формулы А—G.
- 2) В чем заключается необычность структуры G?
- 3) Какие еще виды химических соединений с аналогичным типом связей Вам известны? Приведите примеры и, если знаете, их названия.

2. Тетрагидридоалюминат лития ( $\text{Li}[\text{AlH}_4]$ , алюмогидрид лития) часто используется в органическом синтезе в качестве эффективного восстановителя самых разнообразных органических соединений. В лабораторной практике это соединение можно получить при взаимодействии безводного хлорида алюминия с гидридом лития в абсолютном (безводном) диэтиловом эфире.

1). Почему получение  $\text{Li}[\text{AlH}_4]$  важно осуществлять в безводных условиях? Поясните свой ответ с помощью соответствующего уравнения реакции.

2). Можно ли получить безводный  $\text{AlCl}_3$  а) при взаимодействии металлического алюминия с концентрированной соляной кислотой; б) при взаимодействии металлического алюминия с хлором; в) при прокаливании кристаллогидрата  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  на воздухе? Дайте необходимые пояснения и напишите уравнения упомянутых в пунктах а–в реакций.

На приведённой ниже схеме превращений соединения I–VII получены с помощью восстановления алюмогидридом лития соединений А–З, принадлежащих к восьми различным классам органических соединений.

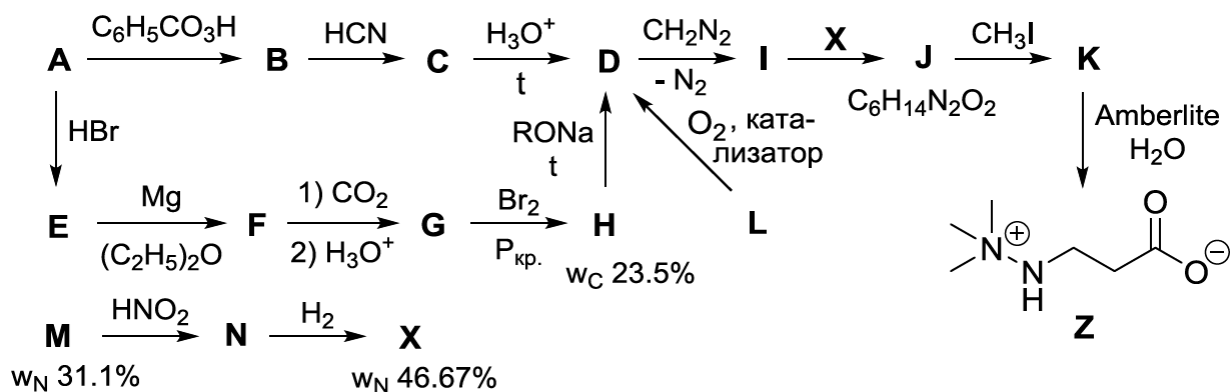


Примечание:  $\text{R} = \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}-$ ; ДМФА – диметилформамид (растворитель)

3). Напишите структурные формулы органических соединений А–З и I–VII.

4). Напишите уравнение реакции (со всеми продуктами и стехиометрическими коэффициентами) окисления пропена перманганатом калия в сернокислой среде (получение соединения Е).

3. В 2016 году средства массовой информации широко освещали многочисленные дисквалификации спортсменов за применение допинга. В качестве модулятора метаболизма в соревновательный период было запрещено применение мельдония (Z), схема синтеза которого приведена ниже. Соединение Z изначально было описано в виде цвиттер-иона, а идея его синтеза возникла в связи с необходимостью утилизации ракетного топлива X, которое получают из другого крупнотоннажного продукта M. Простейшее в своем классе вещество А является самым производимым органическим соединением в мире и используется для получения в одну стадию наиболее распространенного полимера, широко применяемого в повседневной жизни, а также соединения В, занимающего второе место по объему использования А. Соединение L – ближайший гомолог А; оно также в большом масштабе используется для получения полимеров. Вещества D и I применяются при производстве лакокрасочных материалов и в качестве мономеров для получения высокомолекулярных соединений.

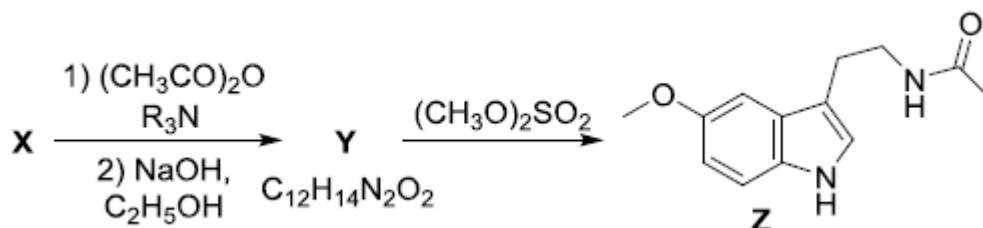


1). Напишите структурные формулы соединений А–N и X. Дополнительно известно, что Amberlite IRA-400 – сильноосновная анионообменная смола.

2). Приведите формулы для описанных в условии задачи полимеров, полученных из соединений I и L.

3). Напишите уравнения реакций полного окисления X в ракетном топливе такими окислителями, как: а) кислород, б) тетраоксид диазота и в) азотная кислота.

4. Регуляцию сна и биоритмов человека в зависимости от уровня освещённости обеспечивает заметное изменение концентрации гормона мелатонина (Z) в крови в течение суток. В организме человека мелатонин под действием ферментов синтезируется из серотонина (X), который в свою очередь образуется из аминокислоты триптофана в двухстадийном процессе под действием ферментов гидроксилазы и декарбоксилазы. Однако мелатонин может быть получен из серотонина и химическим путем по приведенной ниже схеме.



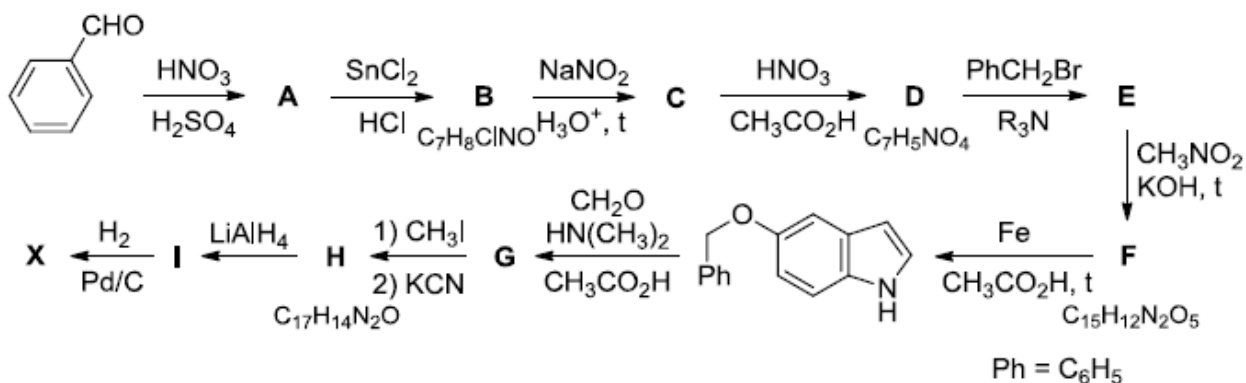
Серотонин является нейромедиатором и отвечает за многие функции в организме, в том числе за эмоции, познавательную активность, творческое мышление и двигательную систему. Дефицит серотонина приводит к появлению усталости и нарушает выработку мелатонина, что в свою очередь ухудшает качество сна. Для нормализации суточных ритмов мелатонин используется как лекарственный препарат и может приниматься в таблетках для облегчения засыпания и в качестве антидепрессанта.

1). Какие вещества называют ферментами? Чем они отличаются от промышленных катализаторов?

2). Приведите структурные формулы серотонина X и вещества Y.

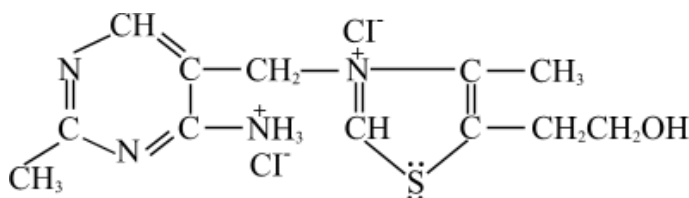
3). Превращение X в Y представляет собой двухстадийный процесс, поскольку при действии на X избытком уксусного ангидрида (что необходимо для обеспечения полной конверсии X) наряду с Y образуются и другие вещества, которые при обработке щелочью превращаются в Y. Приведите структурную формулу одного из таких побочных веществ.

Ниже представлена схема превращений, иллюстрирующая химический способ получения серотонина X из бензальдегида.

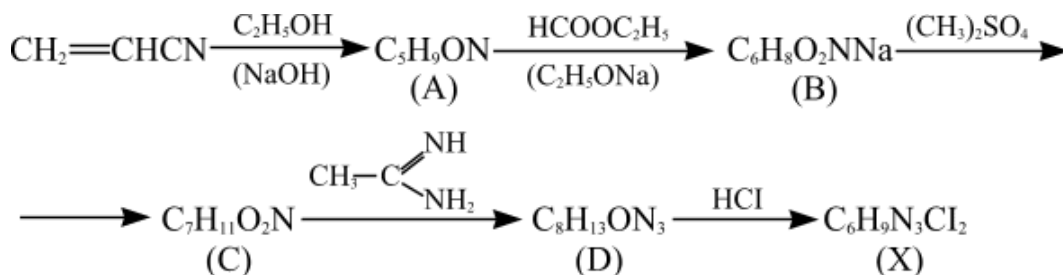


4). Известно, что стадия превращения E в F представляет собой разновидность альдольно-кетоновой конденсации, а G образуется в результате аминометилирования. Расшифруйте схему превращений и напишите структурные формулы продуктов А–I.

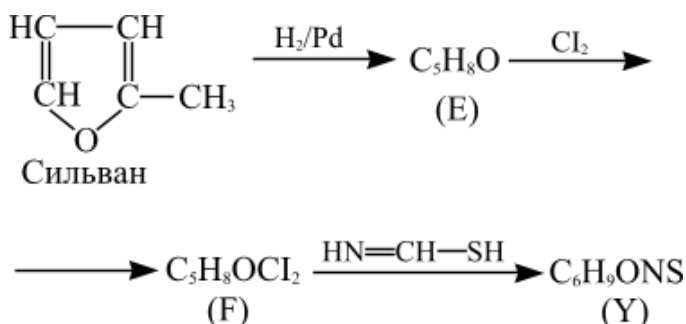
5. Витамин В<sub>1</sub>, имеющий следующее строение:



получают совместным нагреванием пиридинового производного X состава C<sub>6</sub>H<sub>9</sub>N<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub> и тиазольного производного Y состава C<sub>6</sub>H<sub>9</sub>ONS. Соединение X предварительно получают из акрилонитрила по схеме:



Соединение Y получают, исходя из сивьяна, следующим способом:



- 1) Напишите структурные формулы А, В, С, 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.

## *2 Примеры вопросов для устного опроса*

1. Приведите примеры органических синтезов: а) как копирования природных соединений; б) как поиска; в) как инструмента исследования.
2. Приведите примеры темплатного и матричного синтезов, тандемных и домино-реакций.
3. Дайте определение и приведите примеры: селективной, хемоселективной, региоселективной, стереоселективной и энантиоселективной реакций.
4. Перечислите требования к исходным веществам при проведении препаративного синтеза.
5. Перечислите требования, предъявляемые к катализаторам.
6. Охарактеризуйте роль растворителя при проведении химической реакции.
7. Дайте определение понятиям: линейный синтез; конвергентный синтез; их достоинства и недостатки.
8. Приведите классификацию органических растворителей по химическому строению, физическим и кислотно-основным свойствам.
9. Приведите классификацию органических растворителей в зависимости от их пожаро- и взрывоопасности, токсичности.
10. Какие факторы принимаются во внимание при планировании органического синтеза?
11. В чем суть ретросинтетического планирования?
12. Дайте определение понятиям: синтоны, синтетические эквиваленты, трансформации.
13. Какие задачи решает ретросинтетический анализ?
14. Приведите примеры построения углеродного скелета с одновременным введением двойной связи.
15. Приведите примеры реакций элиминирования, приводящих к новым представлениям о синтезе ацетиленов.
16. Приведите примеры реакций С-винилирования по Реппе.
17. Назовите условия внутримолекулярного циклообразования.
18. Приведите примеры реакций электроциклического циклообразования.
19. Назовите условия каталитического гидрирования.
20. Какими необходимыми качествами должна обладать защитная группа?
21. Применение защитных групп в синтезе пептидов.
22. Предложите получение хиральной молекулы гексагелицена с ангулярно связанными бензольными кольцами.
23. Обсудите возможные пути синтеза феромона Z-Геникосен-6-она-11.

## *3 Примеры вопросов к лабораторным работам*

1. Приведите основные реакции, характерные для оловоорганических гидридов, станиламинов, оловоорганических алкоксидов и станноксанов.
2. Приведите основные реакции, характерные для винил- и аллилсиланов, силильных эфиров енолов.
3. Назовите основные способы получения карбофункциональных оловоорганических соединений.
4. Назовите основные способы синтеза тетраалкилгерманов, гексаалкилдигерманов, германийорганических галогенидов и гермиламинов.
5. Какие реакции характерны для германийорганических галогенидов и гермиламинов?
6. Приведите примеры взаимодействия аminosиланов с кислотами, спиртами, тиоспиртами, силанолами, многоатомными фенолами и алкинами.

#### 4 Примерная тематика творческих заданий

1. Осуществить поиск известных методик полного синтеза витамина Н (биотина), проанализировать их и выявить достоинства и недостатки. Выбрать наиболее оптимальный способ лабораторного синтеза биотина и обосновать свой выбор.

2. Проанализировать известные литературные способы полного синтеза хинина, определить наиболее удобные из них, предложить возможные варианты для их оптимизации с точки зрения современных синтетических методов.

3. Рассмотреть и проанализировать существующие способы лабораторного синтеза стероидных гормонов. Отметить основные тенденции в данном направлении органического синтеза.

#### 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

##### Список вопросов для подготовки к экзамену

1. Органический синтез как: копирование изделий природы, поиск, инструмент исследования.

2. Синтезы стероидов. Полный синтез кортизона. Превращение растительных стероидов в стероидные гормоны.

3. Синтез пептидов. Техника синтеза пептидов. Защитные группы. Реакции образования пептидной связи. Твердофазный синтез пептидов.

4. Темплатный и матричный синтезы, тандемные и домино-реакции.

5. Селективная, региоселективная, стереоселективная и энантиоселективная реакции.

6. Проведение химической реакции: подготовка исходных веществ и сборка аппаратуры; осуществление синтеза и контроль за его ходом; выделение продукта реакции; характеристика продукта реакции.

7. Субстрат, реагент, катализатор, растворитель.

8. Ретросинтетическое планирование: синтоны, синтетические эквиваленты, трансформации. Типичные синтоны и их синтетические эквиваленты.

9. Ретросинтетический анализ: трансформация расчленения, трансформация функциональной группы

10. Алгоритм ретросинтетического подхода к планированию синтеза органических соединений, анализ дерева синтеза.

11. Ассоциативный анализ. Синтетическое планирование.

12. Основные способы получения элементоорганических производных кремния, германия и олова.

13. Применение элементоорганических соединений в тонком органическом синтезе.

14. Введение функциональных групп в алканы, алкены, алкины, в ароматические и гетероциклические соединения.

15. Взаимопревращения функциональных групп: превращения гидроксильной, группы, аминогруппы, галогенопроизводных, нитросоединений, альдегидов и кетонов, кислот и их производных.

16. Гидрогалогенирование ацетиленов, и его производных. Гомо- и гетерогенное каталитическое гидрохлорирование ацетиленов, винилацетиленов.

17. Гидробромирование и гидрофторирование ацетиленов. Гидратация, гидроцианирование, гидроацетоксилирование ацетиленов и его производных.

18. Винилирование гликолей, спиртов, фенолов. Роль реакции винилирования в органическом синтезе.



19. Присоединение серусодержащих органических соединений и сероводорода. Стереоселективность реакции, условия проведения, влияние заместителей в алкине на состав и строение конечных продуктов.

20. Взаимодействие ацетилена с азотсодержащими соединениями. Реакции с аммиаком, аминами и др. азотсодержащими соединениями.

21. Гидросилилирование ацетилена и его производных. Значение реакции, область применения. Реакции С-винилирования ароматических соединений, олефинов, алканов.

22. Внутримолекулярная циклизация в результате электрофильно-нуклеофильного взаимодействия. Условия внутримолекулярного циклообразования. Правила Болдуина.

23. Присоединение по Михаэлю в процессах циклизации; образование ароматических карбоциклических систем; образование гетероароматических циклов; образование средних и больших циклов: реакции Дикмана, Торпа-Циглера, ацилоиновая конденсация.

24. Циклоприсоединение. Реакция Дильса-Альдера; 1,3-диполярное циклоприсоединение; присоединение карбенов и нитренов к алкенам. Реакция Симмонса-Смита. Электроциклическое циклообразование.

25. Синтез Z-Геникосен-6-она-11. Синтез Z-жасмона. Гелицены. Аннулены.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература:**

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 Практикум по органической химии [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. И. Теренин [и др.]. - М.: Лаборатория знаний, 2015. - 571 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84123#authors>.

### **5.2 Дополнительная литература:**

1 Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия [Текст] = Organometallchemie / К. Эльшенбройх; пер. с нем. Ю. Ф. Опруненко, Д. С. Перекалина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 746 с.

2 Нековалентные взаимодействия в дизайне и синтезе новых соединений [Текст]: учебное пособие для студентов старших курсов, магистрантов и аспирантов вузов, обучающихся по специальности "Химия" / под ред. А. М. Магеррамова и др.; пер. с англ. В. Г. Ненайденко. - М.: Техносфера, 2016. - 623 с.

3 Титце, Л. Domino-реакции в органическом синтезе [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. Титце, Г. Браше, Герике К.; под ред. Л. И. Беленького; пер. с англ. Л. И. Беленького, К. К. Пивницкого, В. Н. Граменицкой, С. И. Луйксаара. - Электрон. дан. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 674 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94100>. - Загл. с экрана.

4 Маки, Р. К. Путеводитель по органическому синтезу [Текст] / Р. Маки, Д. Смит; пер. с англ. Е. В. Ивойловой; под ред. В. М. Потапова. - М.: Мир, 1985. - 352 с.

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

### 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.

3 Журнал общей химии - российский научный журнал, публикующий статьи, посвященные общим вопросам химии, основным закономерностям в свойствах и превращениях органических, элементоорганических и неорганических соединений, взаимному влиянию атомов и реакционной способности химических соединений, исследования природных соединений и их синтетических аналогов.

## 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 «Стратегия органического синтеза» требует от аспирантов регулярного посещения лекций, а также активной работы на практических занятиях, ознакомления с основной и дополнительной рекомендуемой литературой, поиска необходимой информации в периодических изданиях и электронных информационных источниках.

При подготовке к лекционному занятию аспирантам 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 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 в обязательном порядке ознакомиться с рекомендуемой литературой и дополнительными источниками информации в виде периодических изданий и Интернет-ресурсов.

При выполнении практической работы аспирантам необходимо отмечать те вопросы и разделы, которые вызывают у них затруднения. с целью последующей консультации у преподавателя.

Самостоятельная работа наряду с аудиторной представляет одну из важнейших форм учебного процесса. Самостоятельная работа - это планируемая работа аспирантов, 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 – устный опрос, выполнение творческого задания.
3.	Решение задач	Изучение материала, необходимого для успешного решения задач, а также непосредственное их выполнение. Форма контроля – проверка самостоятельно решенных задач преподавателем.

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) (при необходимости)**

### **8.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

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

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

Для проведения занятий по дисциплине «Стратегия органического синтеза», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) 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	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – ауд. 425с, ул. Ставропольская, 149 (комплект учебной мебели, меловая доска, переносное мультимедийное оборудование).
3.	Лабораторные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа – 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 А&ДЕК-410i, электроплитки, сушильный шкаф, мешалки механические, мешалки магнитные ИКА HS 7, ротационные испарители, наборы химической посуды и реактивов).
4.	Курсовое проектирование	Не предусмотрено 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,	Аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной

	промежуточная аттестация	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).