

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 15.05.2026 12:05:32  
Уникальный программный ключ:  
ca953a01204891083f939673078ef1a989aae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»  
Факультет физико-математических и естественных наук  
(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **СТРАТЕГИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

#### **04.03.01 ХИМИЯ**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

#### **ХИМИЯ**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2026 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Стратегия органического синтеза» входит в программу бакалавриата «Химия» по направлению 04.03.01 «Химия» и изучается в 7 семестре 4 курса. Дисциплину реализует Кафедра органической химии. Дисциплина состоит из 16 разделов и 76 тем и направлена на изучение тактик и стратегий синтеза сложных молекул с заданными свойствами.

Целью освоения дисциплины является ознакомление с современным состоянием тонкого органического синтеза. Курс является общеобразовательным и призван сформировать у слушателя, на основе мозаичной картины последних достижений органической химии (складывается из направлений: стратегия направленного синтеза, молекулярный дизайн, супрамолекулярная химия), целостное восприятие перспектив развития органического синтеза. Лекционный материал помогает студентам 4-ого курса сориентироваться в океане химической науки и выбрать наиболее близкую по духу специализацию в магистратуре, с ориентацией на органическую химию. Наибольшее внимание уделяется тактике и стратегии синтеза сложных молекул с заданными свойствами: алкалоидов, природных и синтетических лекарственных препаратов. На этих примерах рассматриваются важнейшие понятия курса: трансформ, ретрон, синтон, синтетический эквивалент. В ознакомительной форме на примере практически важных производных излагаются главные достижения молекулярного дизайна и супрамолекулярной химии».

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Стратегия органического синтеза» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие;; УК-1.2 Определяет и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи;; УК-1.5 Анализирует и контекстно обрабатывает информацию для решения поставленных задач с формированием собственных мнений и суждений;;
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач	ПК-1.1 Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования; ПК-1.2 Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности; ПК-1.3 Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин;

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Стратегия органического синтеза» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Стратегия органического синтеза».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Учебная практика; Математика; Физика; Цифровая грамотность; Неорганическая химия; Аналитическая химия; Органическая химия; Физическая химия; Строение вещества; Основы квантовой химии; <i>Введение в химию координационных соединений**;</i> <i>Основы нанохимии**;</i> <i>Химия лекарственных веществ**;</i> Введение в специальность; <i>Продвинутый Excel**;</i> <i>Основы программирования на Python**;</i> <i>Инфографика и технология презентаций**;</i> <i>SQL. Начальный курс**;</i> <i>Python для анализа данных**;</i> <i>Цифровые деловые коммуникации**;</i> Дополнительные разделы высшей математики;	Избранные главы химии; Экспериментальные методы исследования в химии; Преддипломная практика;
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач	Учебная практика; Неорганическая химия; Аналитическая химия; Органическая химия; Физическая химия; Химическая технология; Введение в специальность; Строение вещества; Основы квантовой химии; Высокомолекулярные соединения; <i>Введение в химию координационных соединений**;</i> <i>Основы нанохимии**;</i> <i>Химия лекарственных веществ**;</i>	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика; Избранные главы химии; Экспериментальные методы исследования в химии;

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

\*\* - элективные дисциплины /практики

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Стратегия органического синтеза» составляет «4» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			7
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	72		72
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	36		36
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	72		72
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	0		0
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>зач.ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Введение	1.1	Значение органического синтеза для развития органической химии.	Связь между развитием органической химии и методами целенаправленного построения сложных органических молекул. История первых синтетических красителей, лекарственных препаратов и взрывчатых веществ. Роль синтеза в доказательстве строения природных соединений (мочевина, уксусная кислота, глюкоза, терпены, алкалоиды). Создание веществ, не существующих в природе.	ЛК, ЛР
		1.2	Проблемы планирования многостадийного органического синтеза.	Трудности при планировании синтеза, включающего несколько последовательных стадий. Проблемы низкого общего выхода продукта, накопления побочных продуктов и разделения промежуточных соединений. Совместимость функциональных групп на разных стадиях. Выбор порядка введения заместителей, минимизация числа стадий и использование высокоселективных реакций.	ЛК, ЛР
		1.3	Стратегии ранних (1900-1950 гг) синтезов природных объектов и лекарственных препаратов. Современные синтетические задачи и подходы к их решению.	Классические синтезы природных объектов первой половины XX века (камфора, никотин, стрихнин, холестерин, морфин) и использованные стратегические подходы. Синтезы первых лекарственных препаратов (аспирин, сальварсан, сульфаниламиды, пенициллин). Современные синтетические задачи: полный синтез сложных природных токсинов, противоопухолевых агентов (таксол, калихеамицин), макроциклических антибиотиков. Сравнение классических и современных подходов к решению синтетических проблем.	ЛК, ЛР
Раздел 2	Критерии оптимального синтеза	2.1	Факторы, определяющие путь синтеза.	Факторы, определяющие выбор пути синтеза: доступность исходных реагентов, число стадий, общий выход целевого продукта. Селективность реакции (хемо-, регио-, стерео-), условия проведения (температура, давление, растворитель, катализатор). Экономические и экологические аспекты синтеза. Масштабирование реакции от лабораторного до промышленного уровня.	ЛК, ЛР
		2.2	Выход, число стадий, регио- и стереоселективность, условия реакций.	Влияние выхода реакции на эффективность синтеза, кумулятивное снижение выхода в многостадийных процессах. Зависимость между числом стадий и практической	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				реализуемостью синтеза. Региоселективность как способность реакции различать два разных положения в молекуле. Стереоселективность (образование предпочтительного стереоизомера) и стереоспецифичность. Влияние условий реакции (температура, растворитель, катализатор, концентрация) на селективность.	
		2.3	Проблема доступности исходных соединений, их устойчивости, токсичность, пожаро- и взрывоопасность как критерии оптимального синтеза.	Доступность исходных соединений (коммерчески доступные реагенты vs многостадийный синтез из природного сырья). Термическая и химическая устойчивость промежуточных соединений в условиях реакции. Токсичность реагентов, растворителей и побочных продуктов. Пожаро- и взрывоопасность (пероксиды, азиды, диазосоединения, перекисные соединения, пирофорные металлы). Критерии оптимального синтеза: безопасность, экономичность, воспроизводимость.	ЛК, ЛР
Раздел 3	Современные подходы к синтезу целевых молекул	3.1	Основные современные подходы к синтезу сложных органических молекул.	Современные подходы к синтезу сложных органических молекул: ретросинтетический анализ, использование мощных реакций (cross-coupling, метатезис, циклоприсоединение). Применение катализа (палладий, рутений, родий, ферменты) и высокоселективных реагентов. Однореакторные (тандемные, каскадные) синтезы, совмещающие несколько превращений без выделения промежуточных продуктов. Комбинаторный синтез для получения библиотек соединений.	ЛК, ЛР
		3.2	Планирование синтеза от исходных структур.	Планирование синтеза от доступных исходных структур (forward synthesis) как альтернатива ретросинтезу. Подбор реакций, последовательно превращающих простые молекулы в целевую структуру. Использование баз данных реакций и компьютерных программ для прогнозирования. Ограничения подхода: сложность выбора порядка действий при большом количестве функциональных групп.	ЛК, ЛР
		3.3	Соединения регулярного строения, димеры, олигомеры и полимеры как объекты для синтетического анализа.	Соединения регулярного строения (олигомеры, полимеры, дендримеры) как объекты синтетического анализа. Методы синтеза олигомеров с контролируемой длиной цепи (итеративные подходы, твердофазный синтез). Димеры природных соединений (бифлавоноиды, димерные алкалоиды, дитерпены). Особенности ретросинтетического анализа	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				симметричных и повторяющихся структур.	
		3.4	“Иррациональные” синтезы ограниченность их возможностей в органическом синтезе.	Понятие «иррациональных» синтезов - случайные открытия или синтезы без предварительного плана. Исторические примеры: открытие анилиновых красителей, полиэтилена, фуллеренов. Ограниченность иррационального подхода в современном целенаправленном синтезе сложных молекул. Необходимость систематического планирования для достижения воспроизводимых результатов.	ЛК, ЛР
Раздел 4	Ретросинтетический анализ, основные понятия	4.1	Ретросинтетический анализ	Определение ретросинтетического анализа как метода планирования синтеза от целевой молекулы к исходным соединениям. Основоположники метода (Э. Кори, Нобелевская премия 1990 года). Последовательное упрощение структуры путём обратимого разрыва связей. Принцип работы от сложного к простому.	ЛК, ЛР
		4.2	Методы и цели ретросинтетического анализа.	Цели ретросинтетического анализа: выявление доступных исходных соединений, оптимизация числа стадий, выбор регио- и стереоселективных реакций. Методы: ретросинтетические трансформации (обращение реакций), распознавание ретронов, генерация синтонов. Преимущества ретросинтеза перед прямым планированием для многостадийных синтезов.	ЛК, ЛР
		4.3	Важнейшие понятия ретросинтетического анализа (целевая молекула, ретрон, синтон, трансформ, синтетический эквивалент).	Целевая молекула (ТМ) - конечный продукт синтеза. Ретрон - минимальный структурный фрагмент, позволяющий применить обратимую трансформацию. Синтон - гипотетический фрагмент (частица), образующийся при мысленном расчленении молекулы. Трансформ - ретросинтетическая операция (обращение химической реакции). Синтетический эквивалент - реальное химическое соединение, соответствующее синтону.	ЛК, ЛР
		4.4	Расчленение молекулы.	Принципы расчленения молекулы: разрыв связей, которые можно образовать известными реакциями. Предпочтительный разрыв связей, образованных гетеролитическими реакциями (C-X, C=O, C-N). Расчленение по связям между sp <sup>3</sup> -гибридизованными атомами углерода. Использование симметрии молекулы для упрощения анализа. Стратегия расчленения на максимально простые фрагменты.	ЛК, ЛР
Раздел 5	Линейный и конвергентный	5.1	Линейный и конвергентный синтез.	Линейный синтез: последовательное проведение стадий, где	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
	синтез			продукт каждой стадии является исходным для следующей. Конвергентный синтез: параллельное получение нескольких фрагментов с последующим их соединением. Сравнение двух подходов на примерах. Структура синтетической схемы в виде дерева (линейного или разветвлённого).	
		5.2	Достоинства и недостатки линейной и конвергентной схем ретросинтетического анализа.	Достоинства линейного синтеза: простота планирования, меньшее количество параллельных реакций. Недостатки: низкий общий выход при большом числе стадий, накопление примесей. Достоинства конвергентного синтеза: более высокий общий выход при том же количестве стадий, возможность распараллеливания работы. Недостатки: необходимость синтеза нескольких сложных фрагментов, проблемы совместимости.	ЛК, ЛР
		5.3	Оценка выхода целевой молекулы в многостадийном синтезе.	Расчёт общего выхода целевой молекулы в многостадийном синтезе как произведение выходов отдельных стадий (для линейного синтеза). Снижение общего выхода при увеличении числа стадий: при 10 стадиях с выходом 90% общий выход ~35%, при 90% и 20 стадиях - ~12%. Примеры расчёта для линейных и конвергентных схем. Практический предел числа стадий в препаративном синтезе.	ЛК, ЛР
		5.4	Арифметический демон. Дерево синтеза.	Понятие «арифметического демона» - неизбежное экспоненциальное падение выхода с ростом числа стадий. Дерево синтеза - графическое представление всех возможных путей ретросинтеза и соответствующих синтетических схем. Построение дерева синтеза с ветвлением на каждом этапе. Выбор оптимального пути из дерева синтеза по критериям выхода, доступности и безопасности.	ЛК, ЛР
		5.5	Применение конвергентной схемы	Примеры применения конвергентной схемы в многостадийном органическом синтезе. Полный синтез таксола (Nicolau, Holton, Danishefsky) - конвергенция нескольких сложных фрагментов. Синтез паулитена (витамин В12, Вудворд) - пример конвергенции на заключительной стадии. Синтез озелламида (алкалоид) с использованием конвергентного подхода. Сравнение выхода при линейном и конвергентном планировании одного и того же соединения.	ЛК, ЛР
Раздел 6	Трансформы	6.1	Трансформы подробное рассмотрение.	Трансформ как ретросинтетическая операция, обратная	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				известной химической реакции. Классификация трансформов по типу обращаемой реакции. Соответствие между трансформом и прямой реакцией (реагенты, условия, механизм). Примеры трансформов для реакций алкилирования, ацилирования, альдольной конденсации, циклоприсоединения, перегруппировок.	
		6.2	Основные трансформы, применяющиеся при анализе: расчленения и сочленения, изменения, введения и удаления функциональных групп, разрыв и создание цикла, перегруппировка.	Расчленение - разрыв связи с образованием двух синтонов. Сочленение - обратная операция, соединение двух фрагментов. Изменение функциональной группы - превращение одной в другую. Введение - добавление нужной группы, удаление - исключение группы из молекулы. Разрыв и создание цикла - трансформы, связанные с циклизацией и раскрытием циклов. Перегруппировка - обращение сигматропных и других перегруппировок.	ЛК, ЛР
		6.3	Мощные реакции.	Понятие «мощной реакции» - превращение, создающее сложную структуру за одну стадию. Реакции Дильса-Альдера, метатезиса олефинов, перегруппировка Кляйзена, реакция Карбонильного сочетания. Циклоприсоединение, реакция. Роль мощных реакций в ретросинтетическом анализе - резкое сокращение числа стадий. Примеры использования мощных реакций в синтезе природных соединений.	ЛК, ЛР
Раздел 7	Синтоны	7.1	Синтоны	Синтон - гипотетический фрагмент (ион, радикал, нейтральная частица), возникающий при мысленном расчленении молекулы. Отличие синтона от реального реагента. Синтоны как инструмент ретросинтетического анализа, не требующий учёта конкретных условий реакции. Обозначение синтонов. Связь между синтоном и синтетическим эквивалентом.	ЛК, ЛР
		7.2	Синтоны с естественной и обращенной полярностью. Синтетические эквиваленты синтонов.	Синтоны с естественной полярностью - положительный заряд на электрофильном центре, отрицательный - на нуклеофильном (например, карбокатион и карбанион, ацилкатион и енолят). Синтоны с обращенной полярностью (Umpolung) - нуклеофильный характер на атоме, обычно электрофильном (например, ацил-анион вместо ацил-катиона). Синтетический эквивалент - реальное соединение, способное генерировать данный синтон в условиях реакции.	ЛК, ЛР
		7.3	Способы обращения полярности синтонов.	Способы обращения полярности синтонов (Umpolung):	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				использование гетероатомов (сера, кремний, селен, фосфор), комплексов переходных металлов, анионной стабилизации электроноакцепторными группами. Примеры: цианид-ион как катализатор бензоиновой конденсации (образование ацил-анионного эквивалента). Тиазольевый катализ в реакции Штаттера. Силильные и станильные производные как источники обращённой полярности.	
		7.4	Умполунг.	Понятие «умполунг» (Umkehrung der Polung) - обращение полярности реакционного центра. Развитие концепции Д. Зайбахом (1979). Классификация умполунга: временный (каталитический) и постоянный (стехиометрический). Роль умполунга в расширении синтетических возможностей - соединение двух электрофилов или двух нуклеофилов.	ЛК, ЛР
		7.5	Примеры использования в синтезе.	Примеры использования обращения полярности в полном синтезе природных соединений. Синтез простагландинов с использованием умполунга. Синтез антрациклинов (антибиотики) с применением тиазольевого катализа. Синтез алкалоидов (резерпин, строфантин) с использованием силильных енолятов и циангидринов. Роль умполунга в построении С-С связей между обычно несовместимыми партнёрами.	ЛК, ЛР
Раздел 8	Управление региоселективностью реакции при помощи селективной активации реакционных центров	8.1	Проблема региоселективности реакции	Проблема региоселективности в органическом синтезе - способность реагента атаковать один из нескольких неэквивалентных центров в молекуле. Причины региоселективности: электронные эффекты заместителей, стерические препятствия, термодинамический контроль. Примеры: присоединение к несимметричным алкенам (правило Марковникова), замещение в замещённых бензолах. Методы управления региоселективностью: активация, защита, использование направляющих групп.	ЛК, ЛР
		8.2	Активация реакционных центров.	Активация реакционных центров - повышение реакционной способности функциональной группы путём химической модификации. Цели активации: ускорение реакции, повышение регио- и стереоселективности, снижение жёсткости условий. Типы активации: введение активирующих заместителей, комплексообразование с кислотами Льюиса, образование более	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				реакционноспособных производных (эфиры, ангидриды, галогениды). Временная активация с последующим удалением активирующей группы.	
		8.3	Методы активации электрофильных центров.	Методы активации электрофильных центров: протонирование (кислотный катализ), комплексообразование с кислотами Льюиса ( $\text{AlCl}_3$ , $\text{BF}_3$ , $\text{TiCl}_4$ , $\text{ZnCl}_2$ ), превращение гидроксильной группы в лучшую уходящую (галогениды, сульфаты, фосфаты). Активация карбонильной группы через образование иминиевых солей (реакция Штаттера, реакция Манниха). Активация алкенов через $\pi$ -комплексы с металлами ( $\text{Pd}$ , $\text{Pt}$ , $\text{Ag}$ , $\text{Hg}$ ).	ЛК, ЛР
		8.4	Пути формирования легко уходящих заместителей у $sp^3$ -гибридизованного атома углерода.	Формирование легко уходящих заместителей у $sp^3$ -гибридизованного атома углерода: замена гидроксильной группы на галоген ( $\text{SOCl}_2$ , $\text{PBr}_3$ , $\text{HCl/ZnCl}_2$ ). Превращение спиртов в тозилаты, мезилаты, трифлаты, нонилаты действием соответствующих сульфохлоридов. Образование алкилгалогенидов из алкенов (гидрогалогенирование, присоединение галогенов). Активация через образование алкилсульфонатов или алкилфосфонатов.	ЛК, ЛР
		8.5	Сульфонатные и трифлатные группы как вариант активации спиртового гидроксила.	Сульфонатные группы (тозилат, мезилат, нозилат, тризилат) как вариант активации спиртового гидроксила. Получение тозилатов реакцией спирта с <i>p</i> -толуолсульфохлоридом в присутствии основания (пиридин). Свойства тозилатов: хорошая уходящая группа в реакциях $\text{S}_{\text{N}}2$ , устойчивость при хранении, кристалличность для многих соединений. Трифлаты (трифторметансульфонаты) - ещё лучшая уходящая группа, используются в реакциях с макрореакционноспособными субстратами.	ЛК, ЛР
		8.6	Активация альдегидного и кетонного электрофильного центров.	Активация альдегидного и кетонного электрофильных центров: протонирование (кислотный катализ в реакциях присоединения), комплексообразование с кислотами Льюиса (реакции альдольные, реакции с силильными енолятами). Образование иминиевых солей (реакция с аминами в кислой среде) для активации альдегидов в реакциях Манниха и Штаттера. Превращение в ацетали, кетали, енолэфиры, силиловые енолэфиры как метод временной защиты.	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
		8.7	Активация ацилирующих реагентов.	Активация ацилирующих реагентов (карбоновых кислот, их производных) в реакциях ацилирования. Превращение кислот в хлорангидриды ( $\text{SOCl}_2$ , $\text{PCl}_5$ , $(\text{COCl})_2$ ) - сильные ацилирующие агенты. Активация через образование смешанных ангидридов (с этилхлорформиатом, пивалоилхлоридом). Использование карбодиимидов (DCC, EDC) для активации карбоксильной группы в синтезе пептидов. Катализ кислотами Льюиса ( $\text{AlCl}_3$ , $\text{BF}_3$ ) в реакции Фриделя-Крафтса.	ЛК, ЛР
Раздел 9	Активация нуклеофильных центров в карбонильных соединениях	9.1	Методы активации нуклеофильных центров.	Методы активации нуклеофильных центров: депротонирование (образование карбанионов, енолятов, амидов, алкоксидов), комплексообразование с металлами (литийорганические, магнийорганические, цинкорганические соединения). Использование сильных оснований ( $\text{BuLi}$ , LDA, $\text{NaNH}$ , $\text{KOtBu}$ ) для генерации нуклеофильных частиц. Повышение нуклеофильности за счёт введения электронодонорных заместителей. Сольватационные эффекты (дипольные апротонные растворители усиливают нуклеофильность анионов).	ЛК, ЛР
		9.2	Активация $\alpha$ -углеродного нуклеофильного центра в кетонах, енолят-анионы.	Активация $\alpha$ -углеродного нуклеофильного центра в кетонах: образование енолят-анионов под действием оснований. Строение енолятов - делокализация отрицательного заряда между кислородом и $\alpha$ -углеродом. Реакции енолятов: алкилирование, ацилирование, альдольная конденсация, реакция Михаэля. Региоселективность образования енолятов в несимметричных кетонах - зависимость от основания и условий.	ЛК, ЛР
		9.3	Кинетический и термодинамический контроль в региоселективном генерировании енолят-анионов.	Кинетический и термодинамический контроль в региоселективном генерировании енолят-анионов. Кинетический и термодинамический контроль. Применение стереоселективного алкилирования.	ЛК, ЛР
		9.4	Эфиры енолов как активированная форма кетонов.	Эфиры енолов как активированная форма кетонов в реакциях электрофильного присоединения. Получение енолэфиров из кетонов и ортоэфиров или из енолятов и алкилгалогенидов. Преимущества енолэфиров. Реакции енолэфиров: гидролиз до кетонов, присоединение электрофилов, реакция с диенофилами (реакция Дильса-Альдера).	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
		9.5	Силиловые эфиры енолов и енамины в синтезе	Силиловые эфиры енолов - производные кетонов с силильной защитой енольного гидроксила ( $R_2C=C(R)-OSiR_3$ ). Получение действием триметилсилилхлорида и основания ( $Et_3N$ , LDA). Реакции силиловых энолэфиров: альдольная, реакция с алкилгалогенидами (в присутствии $TiCl_4$ , $ZnBr_2$ ). Енамины - продукт конденсации альдегидов или кетонов со вторичными аминами. Енамины как нуклеофилы в алкилировании, ацилировании, реакции Михаэля.	ЛК, ЛР
		9.6	Активация альфа-углеродного нуклеофильного центра в кетонах путем временного введения вспомогательной карбоалкоксильной группировки в альфа-положение.	Активация $\alpha$ -углеродного нуклеофильного центра в кетонах путём временного введения вспомогательной карбоалкоксильной группировки ( $-COOR$ ) в $\alpha$ -положение. Получение $\alpha$ -карбэтоксикетонов реакцией кетонов с диэтилоксалатом или этилхлорформиатом. Роль вспомогательной группы: повышение кислотности $\alpha$ -водородов ( $CH$ -кислотность), стабилизация енолята. Удаление вспомогательной группы.	ЛК, ЛР
		9.7	Малоновый и ацетоуксусный эфир и их аналоги.	Малоновый эфир ( $CH_2(COOEt)_2$ ) и ацетоуксусный эфир ( $CH_3COCH_2COOEt$ ) - классические $CH$ -кислоты, используемые для $\alpha$ -алкилирования и $\alpha$ -ацилирования. Их аналоги: циануксусный эфир, малонитрил, ацетилацетон, этил-2-метилмалонат, диметилмалонат. Образование стабилизированных енолятов под действием слабых оснований ( $EtONa$ , $NaN$ ). Алкилирование, гидролиз, декарбоксилирование - синтез замещённых карбоновых кислот, кетонов, diketонов.	ЛК, ЛР
		9.8	Использование сильных оснований для формирования двухзарядных карбанионов в органическом синтезе.	Использование сильных оснований ( $n-BuLi$ , $sec-BuLi$ , $tert-BuLi$ , LDA, $KNH_2$ ) для формирования двухзарядных карбанионов (дианионов) в органическом синтезе. Примеры: дианион уксусной кислоты ( $CH_2^{2-}(COOH)$ ) из $CH_3COOH + 2 LDA$ - синтез $\beta$ -гидроксикислот. Дианион $\beta$ -дикарбонильных соединений (малоновый эфир, ацетилацетон). Дианионы 1,3-дитианов для ацил-анионной химии. Дианион флуорена.	ЛК, ЛР
Раздел 10	Защитные группы в синтезе. Защита гидроксильных групп	10.1	Защитные группы в органической химии.	Защитные группы - временные химические модификации функциональных групп, предотвращающие их нежелательное участие в реакции. Принцип защиты: обратимое превращение реакционноспособной группы в инертную. История развития защитных групп - от простых эфиров и сложных эфиров до	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				современных ортогональных стратегий. Классификация по типу защищаемой группы (О-защита, N-защита, С-защита, Р-защита, S-защита).	
		10.2	Защита как альтернативный подход к решению проблем региоселективности синтеза.	Защита как альтернативный подход к решению проблем региоселективности синтеза, когда активация или направляющие группы неэффективны. Временное блокирование одной из нескольких одинаковых функциональных групп для проведения селективной реакции по другой. Пример: селективное алкилирование одной из двух гидроксильных групп в диоле. Защита как необходимость при работе с полифункциональными соединениями (пептиды, углеводы, нуклеиновые кислоты).	ЛК, ЛР
		10.3	Критерии идеальной защитной группы.	Критерии идеальной защитной группы: лёгкость введения (высокий выход, мягкие условия), стабильность в условиях планируемых реакций, устойчивость к широкому спектру реагентов. Инертность по отношению к другим функциональным группам. Лёгкость удаления в мягких условиях без затрагивания других защитных групп и скелета молекулы. Доступность реагентов для введения и удаления защиты.	ЛК, ЛР
		10.4	Необходимость использования различных защит реакционного центра одного типа	Необходимость использования различных защитных групп для одного типа реакционного центра в разных положениях молекулы. Пример: защита двух гидроксильных групп в сахаре разными группами (TBDMS, TIPS, Ac, Bn, PMB) для последовательного деблокирования. Выбор защитных групп с различной лабильностью (кислотно-лабильные, щелочно-лабильные, удаляемые гидрированием, фторид-ионом, фотохимически). Практика многоуровневой защиты.	ЛК, ЛР
		10.5	Принципы ортогональной стабильности и модулированной лабильности	Принцип ортогональной стабильности: использование защитных групп, которые удаляются независимо друг от друга в разных условиях (кислотных, щелочных, восстановительных, окислительных, ферментативных). Принцип модулированной лабильности: варьирование стабильности одной и той же защитной группы путём изменения заместителей (например, тритильные группы с разными заместителями в кольце). Примеры ортогональных стратегий в синтезе	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				олигонуклеотидов, олигосахаридов, пептидов.	
		10.6	Защита гидроксильной и аминогрупп.	Защита гидроксильной группы: эфиры (метоксиметил MOM, метоксиэтоксиметил MEM, тетрагидропиранил THP, тритил Tr, бензил Bn, триметилсилил TMS, трет-бутилдиметилсилил TBDMS, трет-бутилдифенилсилил TBDPS). Сложные эфиры (ацетат Ac, бензоат Bz, пивалат Piv). Защита аминогруппы: карбаматы (Boc, Cbz, Fmoc, Teoc), амиды (ацетамид, бензамид, фталимид), сульфонамиды (Nosyl, Tosyl), имины (бензилиден). Сравнение условий введения и удаления.	ЛК, ЛР
Раздел 11	Защита карбоксильных, карбонильных и аминогрупп	11.1	Методы защиты карбоксильных, аминогрупп и альдегидных групп.	Защита карбоксильных групп: сложные эфиры (метилловый, этиловый, трет-бутиловый, бензиловый, триметилсилилэтиловый), амиды (N,N-диметиламид, морфолидамид). Защита альдегидных и кетонных групп: ацетали (диметилацеталь, диэтилацеталь), этиленкетали, дитиациклогексильные производные (1,3-дителиан, 1,3-дителиан). Защита тиолов: тиоэфиры (бензилтиоэфир, трет-бутилтиоэфир), дисульфиды, тиоацетаты. Защита фосфатных групп (в синтезе нуклеотидов).	ЛК, ЛР
		11.2	Примеры использования защитных групп в многостадийных синтезах алкалоидов и сахаров.	Примеры использования защитных групп в многостадийных синтезах алкалоидов: синтез стрихнина (Вудворд, 1954) - использование ацетальной защиты карбонила. Синтез резерпина (Вудворд, 1958) - ортогональная защита гидроксильных. Примеры в химии сахаров: сборка олигосахаридов с использованием бензильной (Bn), ацетильной (Ac), бензилиденовой (Bnid), изопропилиденовой (IP) защит. Стратегия «защита-дезащита» в синтезе сложных гликозидов.	ЛК, ЛР
Раздел 12	Ретросинтетический анализ различных классов соединений	12.1	Особенности ретросинтетического анализа классов органических соединений (алкенов, алкинов, аренов, спиртов, простых эфиров, альдегидов, кетонов и карбоновых кислот, аминов).	Особенности ретросинтетического анализа алкенов: ретро-реакции элиминирования (ретро-E1, ретро-E2), ретро-присоединения (ретро-гидратация, ретро-гидрогалогенирование), ретро-метатезиса. Анализ алкинов: ретро-присоединение, ретро-реакция алкилирования ацетиленидов. Анализ аренов: ретро-электрофильное замещение, ретро-реакция Фриделя-Крафтса, ретро-восстановление ароматических кетонов, ретро-окисление алкилбензолов. Анализ спиртов: ретро-восстановление карбонильных соединений, ретро-присоединение реактивов	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				Гриньяра, ретро-гидролиз галогенидов. Анализ простых эфиров: ретро-реакция Вильямсона, ретро-расщепление эфиров кислотами. Анализ карбонильных соединений: ретро-альдольная конденсация, ретро-реакция Кляйзена, ретро-присоединение нуклеофилов, ретро-окисление спиртов. Анализ аминов: ретро-алкилирование аммиака, ретро-восстановление нитрилов и амидов, ретро-реакция Габриэля.	
Раздел 13	Ретросинтетический анализ бифункциональных соединений - 1,2-; 1,3-; 1,4-ретронов	13.1	Ретросинтетический анализ бифункциональных соединений. Анализ 1,2-; 1,3-; 1,4-ретронов.	Ретросинтетический анализ 1,2-бифункциональных соединений (1,2-диола, 1,2-диамина, 1,2-аминоспирты, 1,2-дикарбонильные соединения). Ретрон 1,2-дифункциональности: расчленение между двумя функциональными группами через ретро-реакцию окисления (ретро-осмиевое дигидроксилирование, ретро-эпоксилирование-гидролиз). Анализ 1,3-бифункциональных соединений (1,3-диола, 1,3-дикарбонильные, β-гидроксикарбонильные, β-аминоспирты). Ретрон 1,3: ретро-альдольная конденсация, ретро-реакция Михаэля. Анализ 1,4-бифункциональных соединений (1,4-дикарбонильные, 1,4-диола, 1,4-диамина, γ-кетокислоты). Ретрон 1,4: ретро-реакция Дильса-Альдера, ретро-циклоприсоединение, ретро-конденсация Штоббе.	ЛК, ЛР
Раздел 14	Ретросинтетический анализ 1,5- и 1,6- ретронов. Особенности ретросинтеза аренов	14.1	Ретросинтетический анализ 1,5- и 1,6-ретронов. Особенности ретросинтеза аренов.	Ретросинтетический анализ 1,5- и 1,6-бифункциональных соединений. Ретрон 1,5: ретро-реакция Кляйзена (для 1,5-дикетонов), ретро-присоединение по Михаэлю, ретро-циклоприсоединение [3+2]. Ретрон 1,6: ретро-реакция Дильса-Альдера (для 1,6-дикарбонильных), ретро-реакция Манниха, ретро-перегруппировка. Особенности ретросинтеза аренов: введение заместителей через электрофильное замещение, ретро-восстановление ароматических кетонов (Клемменсен, Кижнер-Вольф), ретро-реакция Фриделя-Крафтса, ретро-диазотирование, ретро-реакция Зандмейера.	ЛК, ЛР
		14.2	Взаимное превращение групп и использование ориентирующего эффекта вспомогательной группы в кольце.	Взаимное превращение групп в ароматическом ряду как метод ретросинтеза: восстановление нитро- и нитрозогрупп в аминогруппы, окисление аминогрупп в нитро-, диазотирование, замена диазогруппы на другие функциональные группы. Использование ориентирующего эффекта вспомогательной группы для направленного введения заместителя в нужное	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				положение кольца. Пример: введение нитрогруппы в пара-положение к ОН через временную защиту ОН сложным эфиром. Временная сульфогруппа как блокирующий ориентант II рода.	
		14.3	Защита С–Н связи в ароматическом ряду как метод региоспецифического синтеза.	Защита С–Н связи в ароматическом ряду как метод региоспецифического синтеза - временное введение заместителя, который направляет следующий заместитель в нужное положение, а затем удаляется. Примеры: введение сульфогруппы (защита положения, затем удаление гидролизом), введение карбоксильной группы (реакция Кольбе-Шмитта), введение трет-бутильной группы (алкилирование по Фриделю-Крафтсу, удаление кислотой). Введение триметилсилильной группы как временного ориентанта.	ЛК, ЛР
		14.4	Методы удаления ориентирующей и защитной группировок в ароматическом кольце.	Методы удаления ориентирующей и защитной группировок в ароматическом кольце после проведения целевых реакций. Гидролиз сульфогруппы (разбавленная H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , высокая температура). Деалкилирование трет-бутильных групп (CF <sub>3</sub> COOH, AlCl <sub>3</sub> ). Декарбоксилирование ароматических кислот (нагревание, иногда с катализаторами). Восстановительное удаление галогенов (Pd/C + H <sub>2</sub> , или LiAlH <sub>4</sub> ). Удаление защитных силильных групп (фторид-ион, кислота). Удаление бензильных групп гидрированием.	ЛК, ЛР
		14.5	Правила региоспецифического введения третьего заместителя в бензольное кольцо.	Правила региоспецифического введения третьего заместителя в бензольное кольцо с двумя имеющимися заместителями. Согласование ориентационных эффектов (оба заместителя I рода - введение в орто/пара к более сильному активатору; I и II рода - ориентация определяется заместителем I рода). Метод «блокировки» нежелательных положений временной защитной группой. Использование сульфирования для временной защиты пара-положения перед нитрованием орто-положения. Примеры: синтез 2,4-динитротолуола, 2,4,6-триброманилина, салициловой кислоты.	ЛК, ЛР
Раздел 15	Элементы молекулярного дизайна	15.1	Элементы молекулярного дизайна.	Элементы молекулярного дизайна - целенаправленное проектирование молекул с заданными свойствами (биологическая активность, каталитическая способность, оптические/электронные свойства). Связь между структурой и	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				функцией. Принципы дизайна: изостеричность, биоизостеричность, комбинаторный подход. Компьютерное моделирование как инструмент прогнозирования свойств до синтеза.	
		15.2	Общие принципы дизайна (разработки) молекул.	Общие принципы дизайна молекул: минимизация конформационной подвижности для повышения селективности, введение жёстких фрагментов, использование симметрии. Оптимизация фармакофора для лекарственных препаратов. Учёт липофильности, растворимости, метаболической стабильности. Принцип «свойства - функция - структура». Метод изостерических замен.	ЛК, ЛР
		15.3	Классические подходы и подходы, базирующиеся на молекулярных моделях.	Классические подходы к дизайну: аналогия с природными соединениями, модификация известных активных структур, скрининг библиотек соединений. Подходы, базирующиеся на молекулярных моделях: докинг (моделирование связывания с рецептором), QSAR (количественные соотношения структура-активность), фармакофорный поиск. Молекулярная механика и квантово-химические расчёты для оптимизации структуры. Использование баз данных (PDB, CSD, PubChem, ChEMBL).	ЛК, ЛР
		15.4	Молекулярное распознавание	Молекулярное распознавание - избирательное связывание молекулы-гостя молекулой-хозяином через нековалентные взаимодействия. Молекулярные рецепторы (краун-эфиры, криптанды, каликсарены, циклодекстрины). Матричный синтез - образование химической связи между двумя фрагментами, зафиксированными на матрице (шаблон, темплат). Супрамолекулярный катализ - ускорение реакции за счёт предорганизации реагентов в полости рецептора. Примеры: катализ гидролиза циклодекстринами, катализ альдольной реакции антителами.	ЛК, ЛР
		15.5	Молекулярное моделирование объектов живой природы.	Молекулярное моделирование объектов живой природы - создание синтетических аналогов ферментов, рецепторов, ионных каналов, антител. Дизайн ингибиторов ферментов (переходное состояние как мишень). Создание искусственных нуклеаз, лиаз, синтаз. Моделирование активного центра ферментов синтетическими пептидами и дендримерами. Примеры: синтетические металлоферменты, искусственные	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы*
			переносчики электронов.	
		15.6 Биомиметика.	Биомиметика - подражание природным структурам и процессам для создания синтетических систем. Синтез аналогов хлорофилла, гема, витамина В12. Биомиметические катализаторы: порфирины, фталоцианины, коррины, салены. Создание искусственных фотосинтетических систем, молекулярных машин, самовосстанавливающихся материалов. Примеры: биомиметический синтез кремнезёма, искусственные ионные каналы на основе пептидов.	ЛК, ЛР
		15.7 Математические методы моделирования и исследования строения и свойств химических объектов на примере программ молекулярного моделирования (HyperChem, ChemOffice).	Математические методы моделирования и исследования строения и свойств химических объектов. Программа HyperChem: молекулярная механика (ММ+, AMBER, CHARMM), полуэмпирические методы (AM1, PM3, MNDO, ZINDO), ab initio и DFT. Программа ChemOffice (Chem3D, ChemDraw, BioDraw): построение моделей, расчёт конформаций, прогнозирование спектров (ИК, ЯМР, масс-спектров), расчёт термодинамических параметров. Визуализация молекулярных орбиталей, электростатических потенциалов, поверхностей.	ЛК, ЛР
		15.8 Типовые методы получения полиэдранов	Типовые методы получения полиэдранов (платоновы тела) - синтез тетраэдрана, кубана, додекаэдрана. Тетраэдран из ди-трет-бутил-тетраэдрана (Майер, 1978). Кубан из димеров циклопентадиена через ди-л-метановую перегруппировку (Итон, 1964). Додекаэдран из дициклопентадиена через последовательность циклических реакций (Паке, 1982). Синтез призманов (кубан, пентапризман). Свойства полиэдранов: высокое напряжение, термическая стабильность, применение как энергоёмких соединений.	ЛК, ЛР
		15.9 Фуллерены и нанотрубки – новая модификация углерода.	Фуллерены (C <sub>60</sub> , C <sub>70</sub> , C <sub>76</sub> , C <sub>84</sub> и др.) - третья аллотропная модификация углерода (графит, алмаз, фуллерены). Структура C <sub>60</sub> - усечённый икосаэдр (сфероид из 20 шестиугольников и 12 пятиугольников). Нанотрубки - свёрнутые в цилиндр графеновые листы (одностенные и многостенные). Карбин - линейная модификация углерода (-C≡C-)n. Графен - двумерный слой sp <sup>2</sup> -гибридизованного углерода.	ЛК, ЛР
		15.10 История открытия. Синтез и практическое	История открытия фуллеренов (Крото, Смолли, Кёрл,	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			применение фуллеренов и нанотрубок.	Нобелевская премия 1996): масс-спектрометрия лазерного испарения графита (1985). Синтез фуллеренов: дуговой разряд в гелии, сжигание углеводородов, пиролиз. Выделение: экстракция толуолом, хроматография. Практическое применение фуллеренов: антиоксиданты, фотосенсибилизаторы, смазочные материалы, носители лекарств. Нанотрубки: синтез дуговым разрядом, CVD-методом. Применение: композитные материалы, электроника (полевые транзисторы), наномедицина (носители, сенсоры).	
Раздел 16	Элементы супрамолекулярной химии	16.1	Элементы супрамолекулярной химии	Элементы супрамолекулярной химии - химия межмолекулярных взаимодействий и молекулярных ансамблей. Определение Жан-Мари Лена (Нобелевская премия 1987): «химия нековалентных связей». Отличие супрамолекулярной химии от молекулярной: объекты - ассоциаты, образованные несколькими частицами. Основные понятия: молекулярное распознавание, самосборка, хозяин-гость, комплементарность. Применение: сенсоры, катализ, доставка лекарств, молекулярная электроника.	ЛК, ЛР
		16.2	Межмолекулярные (нековалентные) взаимодействия.	Межмолекулярные (нековалентные) взаимодействия в супрамолекулярной химии: водородные связи (сильные, средние, слабые), ион-дипольные взаимодействия, катион-π и анион-π взаимодействия. π-Стэкинг (ароматические взаимодействия face-to-face, edge-to-face). Гидрофобный эффект, ван-дер-ваальсовы силы, дисперсионные взаимодействия. Координационные связи металл-лиганд.	ЛК, ЛР
		16.3	Архитектура супрамолекулярных образований, супермолекулы и супрамолекулярные ансамбли.	Архитектура супрамолекулярных образований: супермолекула (ограниченный ассоциат из нескольких компонентов, например, катенан) и супрамолекулярный ансамбль (неограниченная сеть, полимер, кристалл, мембрана, жидкий кристалл). Самосборка - спонтанное образование упорядоченных структур из компонентов за счёт направленных нековалентных взаимодействий. Примеры: самоорганизующиеся монослои, жидкие кристаллы, золь-гель системы, белковые фибриллы.	ЛК, ЛР
		16.4	Компоненты супрамолекулярных ассоциатов: рецептор (ρ) и субстрат (σ),	Компоненты супрамолекулярных ассоциатов: рецептор (host, хозяин) - молекула, способная связывать субстрат. Субстрат	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы*
		соединение включения и соединение (комплекса) типа гость-хозяин.	(guest, гость) - молекула или ион, связываемый рецептором. Соединения включения - кристаллические решётки с полостями, содержащими молекулы гостя. Комплекс типа гость-хозяин - стехиометрический ассоциат (1:1, 2:1, 1:2, 3:1, катенаны, ротаксаны). Константы ассоциации, факторы комплементарности, предорганизации.	
		16.5 Ротаксаны, катенаны, узлы, клатраты, дендримеры.	Ротаксаны - молекулы, в которых линейная «нить» продета через цикл, а концы нити заблокированы объёмными группами, предотвращающими диссоциацию. Катенаны - два или более переплетённых макроцикла, не связанных ковалентно. Узлы - молекулярные структуры, напоминающие трилистник или восьмёрку. Клатраты - соединения включения в кристаллические решётки (газогидраты, клатраты мочевины, гидрохинона). Дендримеры - разветвлённые полимеры с регулярной структурой, полученные итеративным синтезом.	ЛК, ЛР
		16.6 Синтез и применение	Синтез ротаксанов: метод «протягивания нити через цикл» (threading), метод «замыкания цикла вокруг нити» (clipping), метод «сборки на месте» (slipping). Синтез катенанов: шаблонный синтез с использованием металл-координационных взаимодействий, $\pi$ -стэкинга, водородных связей. Применение: молекулярные переключатели (электрохимические, фотохимические), молекулярные моторы, актуаторы, запоминающие устройства. Дендримеры: синтез дивергентным и конвергентным методами, применение в доставке лекарств, катализе, сенсорах.	ЛК, ЛР
		16.7 Молекулярные пинцеты, ловушки и прочее.	Молекулярные пинцеты - молекулы с двумя связывающими группами, способные захватывать плоскую ароматическую молекулу-гость между ними ( $\pi$ -стэкинг). Молекулярные ловушки - полые молекулы с внутренней полостью, куда помещается гость (кавитанды, криптанды, кукурбитурилы). Молекулярные твизеры, щипцы, гребёнки. Примеры: пинцеты на основе антрацена, триптицена, порфиринов. Селективное связывание нуклеиновых оснований, углеводов, ионов металлов.	ЛК, ЛР
		16.8 Формирование нанобъектов.	Формирование нанобъектов методами супрамолекулярной химии: самосборка нанотрубок из пептидов, нуклеиновых	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				кислот, порфиринов. Наночастицы, стабилизированные супрамолекулярными оболочками. Супрамолекулярные гидрогели (сшивка через водородные связи, металл-лигандные взаимодействия). Молекулярные полимеры с контролируемой длиной цепи через направленные нековалентные взаимодействия. Применение в наномедицине: наноносители, системы контролируемого высвобождения.	
		16.9	Темплатный синтез химических объектов с заданными свойствами.	Темплатный (матричный) синтез - использование молекулы-шаблона для организации реагентов в пространстве и направления их химической реакции. Типы темплатов: катионы металлов (координационный шаблон), органические катионы, нейтральные молекулы, поверхности. Примеры: синтез краун-эфиров на катионе металла, синтез катенанов и ротаксанов, синтез порфиринов на темплате металла. Создание химических объектов с заданными свойствами: молекулярные рецепторы, катализаторы, капсулы, нанореакторы.	ЛК, ЛР

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Комплект специализированной мебели; технические средства: проектор BENQ MX661, проектор NEC NP40, экран моторизованный для проекторов, столы; имеется wi-fi
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: комплекс аппаратно-программный для медицинских исследований на базе хроматографа «Кристалл-2000», шкаф вытяжной ШВП-4, шкаф сушильный ПЭ-4610, весы электронные лабораторные, хроматограф, баня комбинированная лабораторная БКЛ, газовые горелки, газовые баллоны, химическая посуда; имеется wi-fi.
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Комплект специализированной мебели; технические средства: проектор BENQ MX661, проектор NEC NP40, экран моторизованный для проекторов, столы; имеется wi-fi

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

*Основная литература:*

1. В. А. Смит, А. Д. Дильман. “Основы современного органического синтеза”, Москва, Бином. Лаборатория знаний, 2009 г.

2. В. Смит, А. Бочков, Р. Кейпл. “Органический синтез. Наука и искусство”. Москва, Мир, 2001 г.

*Дополнительная литература:*

1. Сид Дж. В., Этвуд Дж. Л. “Супрамолекулярная химия”. В 2-х томах. Москва, Академкнига, 2007.

2. Ласло П. “Логика органического синтеза”. В 2 томах. Москва, Мир, 1998.

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации

<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Стратегия органического синтеза».

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

**РАЗРАБОТЧИК:**

Профессор кафедры  
органической химии

*Должность, БУП*

*Подпись*

Зубков Федор Иванович

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Заведующий кафедрой  
органической химии

*Должность БУП*

*Подпись*

Воскресенский Леонид  
Геннадьевич

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Заведующий кафедрой общей и  
неорганической химии

*Должность, БУП*

*Подпись*

Хрусталеv Виктор  
Николаевич

*Фамилия И.О.*