

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

**Химический факультет**

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол № 6 от 31 мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Избранные главы органической химии**

**Уровень высшего образования**  
**Бакалавриат**

**Направление подготовки / специальность**  
**04.03.01 - Химия**

**Направленность образовательной программы**  
**Химия и материаловедение**

**Форма обучения**  
**очная, очно-заочная**

г. Нижний Новгород  
2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.01.03 Избранные главы органической химии относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-1-н.1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР. ПК-1-н.2: Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР. ПК-1-н.3: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.	ПК-1-н.1: Уметь классифицировать органические соединения; составлять названия органических соединений по рациональной и систематической номенклатуре; составлять структурные формулы органических соединений по их названиям; качественно охарактеризовывать распределение электронной плотности в молекуле органического соединения; прогнозировать физические, химические и спектральные свойства органических соединений; описывать механизмы основных типов химических превращений с участием органических соединений; планировать синтез функциональных производных основных классов органических соединений. Знать о главных задачах и объектах исследования органической химии как науки, ее междисциплинарных связях; о составе, строении и свойствах основных классов органических соединений, механизмах реакций; о принципах и приемах органического синтеза; о методах идентификации,	Разноуровневые задания	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>очистки и разделения органических соединений.</p> <p>Владеть навыками составления названий органических соединений; составления структурных формул органических соединений, схем и механизмов органических реакций; прогнозирования физических и химических свойств органических соединений; очистки органических веществ методами кристаллизации, перегонки и экстракции; определения физических констант органического вещества - плотности, показателя преломления, температур плавления и кипения; планирования и проведения органического синтеза; идентификации органических соединений посредством элементного, функционального и спектрального анализов.</p> <p>ПК-1-н.2:</p> <p>Уметь анализировать литературные источники, систематизировать материал, составлять планы и отчеты.</p> <p>Знать основные правила составления планов и отчетов, оформления списка цитируемой литературы.</p> <p>Владеть навыками составления литературных обзоров и методик эксперимента с использованием персонального компьютера.</p> <p>ПК-1-н.3:</p> <p>Уметь прогнозировать направление и результат физико- химических процессов и химических превращений органических веществ.</p> <p>Знать природу органических</p>		
--	--	---	--	--

		<p>реакций и механизмов их протекания с учетом кинетического и термодинамического подходов к описанию химических процессов с целью оптимизации условий их практической реализации.</p> <p>Владеть экспериментальными методами математического планирования экспериментов и обработки полученных результатов; методиками анализа полученных результатов эксперимента.</p>		
<p>ПК-1-т: Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>ПК-1-т.1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР.</p> <p>ПК-1-т.2: Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР.</p> <p>ПК-1-т.3: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР.</p>	<p>ПК-1-т.1:</p> <p>Уметь прогнозировать направление и результат физико- химических процессов и химических превращений органических веществ.</p> <p>Знать природу органических реакций и механизмов их протекания с учетом кинетического и термодинамического подходов к описанию химических процессов с целью оптимизации условий их практической реализации.</p> <p>Владеть экспериментальными методами математического планирования экспериментов и обработки полученных результатов; методиками анализа полученных результатов эксперимента.</p> <p>ПК-1-т.2:</p> <p>Уметь анализировать литературные источники, систематизировать материал, составлять планы и отчеты.</p> <p>Знать основные правила составления планов и отчетов, оформления списка цитируемой литературы.</p> <p>Владеть навыками составления литературных обзоров и методик эксперимента с</p>	<p>Разноуровневые задания</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

		<p>использованием персонального компьютера.</p> <p><i>ПК-1-т.3:</i>  Уметь анализировать данные физико-химических методов в зависимости от используемых для реакции органических и элементоорганических веществ; делать вывод о механизме реакции на основании данных приборов.  Знать о возможностях современных физико-химических методов исследования органических и элементоорганических веществ; особенностях пробоподготовки и программного обеспечения приборов.  Владеть навыками выбора метода исследования в зависимости от пути получения и планируемых физико-химических свойств продукта.</p>		
<p><i>ПК-2-н:</i> Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы</p>	<p><i>ПК-2-н.1:</i> Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных).</p>	<p><i>ПК-2-н.1:</i>  Уметь пользоваться учебной, научной, научно-популярной и справочной литературой, сетью Интернет для профессиональной деятельности;  Знать основные физические и химические законы и их применение для планирования опыта, прогнозирования и объяснения свойств получаемых соединений, организации эксперимента.  Владеть навыками составления названий органических соединений; составления структурных формул органических соединений, схем и механизмов органических реакций; прогнозирования физических и химических свойств органических соединений; очистки органических</p>	<p>Разноуровневые задания</p>	<p>Экзамен:  Контрольные вопросы</p>

		<p>веществ методами кристаллизации, перегонки и экстракции; определения физических констант органического вещества - плотности, показателя преломления, температур плавления и кипения; планирования и проведения органического синтеза; идентификации органических соединений посредством элементного, функционального и спектрального анализ.</p>		
<p>ПК-3-н: Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов</p>	<p>ПК-3-н.1: Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики веществ и материалов.</p> <p>ПК-3-н.2: Составляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.</p>	<p>ПК-3-н.1:</p> <p>Уметь анализировать данные физико-химических методов в зависимости от используемых для реакции органических и элементоорганических веществ; делать вывод о механизме реакции на основании данных приборов.</p> <p>Знать о возможностях современных физико-химических методов исследования органических и элементоорганических веществ; особенностях пробоподготовки и программного обеспечения приборов.</p> <p>Владеть навыками выбора метода исследования в зависимости от пути получения и планируемых физико-химических свойств продукта.</p> <p>ПК-3-н.2:</p> <p>Уметь реализовывать современный подход к синтезу новых органических и элементоорганических соединений.</p> <p>Знать методики моделирования в современных синтезах с использованием концепции «структура-свойства».</p> <p>Владеть современными</p>	<p>Разноуровневые задания</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

		<p>приемами синтеза органических соединений и контроля их чистоты</p> <p>Уметь выполнять основные химические операции с соблюдением необходимых мер безопасности, в том числе с токсичными и пожароопасными веществами</p> <p>Знать нормы техники безопасности по работе с легковоспламеняющимися веществами.</p> <p>Владеть навыками работы в лабораторных условиях с токсичными, легковоспламеняющимися веществами, концентрированными кислотами и щелочами.</p>		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>324</b>	<b>324</b>
в том числе		
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>		
- занятия лекционного типа	<b>64</b>	<b>64</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>160</b>	<b>64</b>
- КСР	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>44</b>	<b>158</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>54</b> экзамен	<b>36</b> экзамен

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лаборат	Всего	

					орные работы), часы					
	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о
Основы стереохимии	16	20	4	4	8	4	12	8	4	12
Методы наведения стереоселективности: диастереоселективный синтез, энантиоселективный синтез (асимметрический синтез)	22	24	6	6	12	6	18	12	4	12
Основы органического синтеза. Реакции взаимопревращения функциональных групп.	22	24	6	6	12	6	18	12	4	12
Реакции окисления.	26	26	6	6	16	6	22	12	4	14
Борорганические реагенты в органическом синтезе.	26	28	6	6	16	6	22	12	4	16
МОС лития, магния цинка и меди в органическом синтезе.	26	28	6	6	16	6	22	12	4	16
Реакции металлизации.	26	28	6	6	16	6	22	12	4	16
Структура и реакционная способность енолятов и енаминов.	26	28	6	6	16	6	22	12	4	16
Реакции α-металлирования.	26	28	6	6	16	6	22	12	4	16
Диастереоселективный синтез олефинов.	26	28	6	6	16	6	22	12	4	16
Защитные группы в органическом синтезе	26	24	6	6	16	6	22	12	4	12
Аттестация	54	36								
КСР	2	2					2	2		
Итого	324	324	64	64	160	64	226	130	44	158

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 48 ч., очно-заочная форма обучения - 16 ч.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс ".".

#### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

##### 5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

##### 5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Разноуровневые задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. Влияние стерических и электронных факторов на конформации и конфигурации ациклических и циклических органических производных.

Хиральность и прохиральность. Энантио-, диастерео- и гомотопные заместители и стороны молекул. Влияние симметрии субстрата и реагента на стереохимию продукта реакции.

Типы замыкания циклов. Реакции аннелирования.



Факторы влияющие на энантиоселективный и диастереоселективный синтез. Основные подходы для синтеза селективного синтеза энантиомеров и диастереомеров. Примеры подходов.

Нелинейные эффекты с асимметрическим катализе.

Природные хиральные строительные блоки (Chiral Building Blocks): углеводы, гидроксикислоты, аминокислоты, терпены и витамины. Понятие о ретросинтетическом подходе на конкретных примерах.

### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Разноуровневые задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1-г**

1. Региоселективный синтез енолятов и енаминов под термодинамическим и кинетическим контролем
2. Региоселективный синтез Z- и E-енолятов
3. Амбидентность енолятов и енаминов
4. Применение енолятов и енаминов в органическом синтезе
5. Преимущества енаминов по сравнению с енолями
6. Применение енолятов и енаминов в стереоселективном синтезе

### **5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Разноуровневые задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н**

Реакции окисления и восстановления. Методы взаимо-трансформаций функциональных групп.

Реакции «восстановления»: методы гетерогенного и гомогенного катализа, восстановление растворяющимися металлами, восстановление гидридами и смешанными гидридами. Методы декарбоксилирования и декарбонилирования.

Реакции окисления. Окисление алифатических и ароматических фрагментов, методы окисления галогенпроизводных и спиртов. Окислительное расщепление гликолей и родственных им соединений.

Асимметрическое окисление и восстановление.

### **5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Разноуровневые задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н**

1. Классические и неклассические реактивы Гриньяра, турбо-Гриньяры и турбо-основания, особенности аллильных МОС. Примеры синтезов.

Методы получения цинк- и церийорганических соединений и их использование в органическом синтезе (примеры синтезов).

Купраты Гилмана и их применение в органическом синтезе (примеры синтезов).

МОС на основе металлов Райке.

Реакции прямого металлирования  $Csp-H$ ,  $Csp^2-H$  и  $Csp^3-H$  связей. Методы альфа-металлирования.

Реакции гидроборирования и их применение в органическом синтезе (примеры).

Химия амбидентных нуклеофилов (еноляты и енамины). Понятие органокатализа.

Методы диастереоселективного получения олефинов (примеры синтезов).

Защитные группы в органическом синтезе. (а) защитные группы, чувствительные к кислотам, (б) защитные группы, чувствительные к основаниям, (в) защитные группы, чувствительные к фторид-ионам, (г) защитные группы, чувствительные к восстановлению, (д) защитные группы, чувствительные к окислению, (е) защитные группы, чувствительные к ультрафиолету, (ж) защитные группы, чувствительные к тяжелым металлам, (з) защитные группы, чувствительные к ферментам. «Источники», указанных выше защитных групп, классические методы их введения и удаления. Планирование ортогональных и горизонтальных методов введения и удаления защитных групп

### Критерии оценивания (оценочное средство - Разноуровневые задания)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического	Уровень знаний ниже минимальных	Минимально допустимы	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,

	материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	требований. Имели место грубые ошибки	й уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько несуществе нных ошибок	соответств ующем программе подготовк и. Ошибок нет.	превышающе м программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрир ованы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонс трированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонс трированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонс трированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами .	Продемонс трированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несуществ енными недочетам и, выполнен ы все задания в полном объеме	Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрир ованы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минималн ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторым и недочетами	Продемонс трированы базовые навыки при решении стандартны х задач с некоторым и недочетами	Продемонс трированы базовые навыки при решении стандартны х задач без ошибок и недочетов	Продемонс трированы навыки при решении нестандарт ных задач без ошибок и недочетов	Продемонстр ирован творческий подход к решению нестандартны х задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворитель но</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

#### 5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

#### Оценочное средство - Контрольные вопросы

#### Экзамен

#### Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета и дал по нему исчерпывающие объяснения, подтверждая тем самым владение теоретическим материалом. Студент активно работал на практических занятиях, чему подтверждением является высокий средний балл за текущую успеваемость.
отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета и дал по нему объяснения, подтверждая тем самым владение теоретическим материалом. Студент активно работал на практических занятиях, имеет высокие средний балл за текущую успеваемость.
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дал полный ответ на все теоретические вопросы билета, но допустил небольшие неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент активно работал на практических занятиях, имеет высокие средний балл за текущую успеваемость.
хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дал ответ на все теоретические вопросы билета, но допустил неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Имеются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях, имеет хорошие средний балл за текущую успеваемость.
удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показал минимальный уровень теоретических знаний, сделал существенные ошибки при ответе на экзаменационный вопрос, но при ответах на наводящие вопросы, смог правильно сориентироваться и в общих чертах дать

Оценка	Критерии оценивания
	правильный ответ. Студент посещал практические занятия, но имеет низкие средний балл за текущую успеваемость.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дал ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент посещал практические занятия, но имеет очень низкие средний балл за текущую успеваемость.
плохо	Студент отказался отвечать на экзаменационный билет.

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н** (Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации)

1. Конформации и конфигурации. Влияние стерических и электронных факторов на конформации органических производных.
2. Понятия центральной, аксиальной, планарной и спиральной хиральности и R-S номенклатура для различных типов хиральности. Правила изображения проекций Фишера.
3. Концепция топных отношений: гомотопность, энантиотопность и диастереотопность лигандов и сторон молекул (критерии замещения-присоединения и симметрии). Прохиральность и стереогенность [про-S (Si) и про-R (Re) группы и стороны молекул].
4. Образование различных стереоизомеров в зависимости от симметрии субстрата и реагента. Условия необходимые для возникновения стереоселективности. Принцип Кертена-Гаммета.

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-т** (Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации)

1. Особенности конформаций и конфигураций 3 – 12 членных циклов. Цис- и транс-изомеры в циклогексанах. Конформационные и конфигурационные энантиомеры и диастереомеры. Способы изображения циклов в виде проекций Ньюмена. Аномерный эффект.
2. Конформации декалинов и гидрированных антраценов, стероиды. Стереохимические особенности ригидных мостиковых производных и их влияние на реакционную способность.
3. Эмпирические правила Балвина. Эндо- и экзо-замыкание циклов с участием атомов углерода, находящихся в  $sp^3$ ,  $sp^2$  и  $sp$ -гибридных состояниях (благоприятные и неблагоприятные пути циклизации).
4. Энантиоселективный и диастереоселективный синтез. Электронные базы хиральных реагентов. Правила Прелога и Крама.

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н (Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы)**

1. Линейный и конвергентный синтез. Хемо-, регио-, энантио- и диастереоселективность. Особенности современного органического синтеза на основе реакций этерификации и амидирования. Понятие ретросинтеза. Понятие «идеального» органического синтеза на примере биохимических превращений и реакций в «колбе», стратегические и нестратегические стадии.
2. Гетерогенное каталитическое гидрирование. Получение и типы скелетных катализаторов. Типы «инертных подложек» для каталитического гидрирования. Катализаторы для гидрирования при низком и высоком давлении. Чарты гетерогенного гидрирования. Хемо- и регио- и стереоселективность гидрирования. Бориды никеля. Гаптофильность. Гидрогенолиз.
3. Гомогенное гидрирование. Катализаторы Уилкинсона и Вaska. Стереоселективное гомогенное гидрирование.
4. Восстановление растворяющимися металлами (карбонильных производных, диенов, алкинов). Транс-селективность гидрирования алкинов. Восстановление по Берчу аренов с донорными и акцепторными группами.
5. Комплексные гидриды бора и алюминия как восстановители. Боргидриднатрия и лития. Ацетокси и трифторацетоксиборгидриды. Цианоборгидрид. Восстановительное аминирование. Супердидриды и селектиды. Литийаллюминий гидрид и его реакционная способность. Алкоксигидриды алюминия. ДИБАЛ-Н и его реакционная способность. Стереоселективность восстановления пропаргиловых спиртов. Чарты реакций восстановления.
6. Асимметрическое гидрирование: BINAL-Н, реакция Нойори, реакция Кори-Бакши-Шибата и механизмы возникновения стереоселективности.
7. Реакции окисления. Окисление алкильных групп в ароматических производных до карбоксильных и формильных. Окислительное расщепление ароматических колец. Реакция Дейкина. Еновые реакции. Активация аллильных С-Н групп на оксиде селена. Окисление олефинов до карбонильных соединений и до диолов (реакция Вагнера, OsO<sub>4</sub>, окисление по Прилежаеву, по Симонини, по Вудворду). Реакции эпоксидирования (по Прилежаеву, оксоном, эпоксидирование енонов, р. Кори-Чайковского, р. Дарзана).
8. Асимметрическое эпоксидирование, дигидроксилирование и гидроксиаминирование. Эпоксидирование по Шарплессу, по Якобсену, по Ши; асимметрическое дигидроксилирование по Шарплессу. Механизмы реакций и возникновения асимметрической индукции. Нелинейные эффекты в асимметрическом катализе. Работы Кагана. Значение хиральных эпоксидов, диолов, аминспиртов как хиральных строительных блоков. Источники основных моно- и бидетатных нуклеофилов.
9. Окисление галогенидов и спиртов до карбонильных производных. Реакции Соммле, Корнблюма, окисление по Сверну, р. Кори-Ким, Пфитзнера-Моффата, окисление по Саррету, окисление по Десс-Мартину.
10. Окислительное расщепление гликолей, аминспиртов, гидроксикислот и родственных соединений. Окисление по Криге и Малопада. Кинетика и механизмы этих реакций. Окислительное расщепление кетонов. Синтез простых эфиров при окислении спиртов окислением тетраацетатом свинца. Реакция Байера-Виллигера и ее ограничения.

## Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н (Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов)

1. МОС лития, магния цинка и меди в органическом синтезе. Влияние ассоциации на реакционную способность литий- и магниорганических соединений. Литий- и магниорганические соединения как основания и нуклеофилы. Реакция Барбье-Гриньяра и особенности аллильных систем. Работы П. Кнохеля по неклассическим реактивам Гриньяра, получение функционально-замещенных арильных и винильных магниорганических производных. Турбо-Гриньяры. Кетон Вайнрайба.

### Применение церийорганических соединений.

1. Купраты как основания и нуклеофильные реагенты. Отличия реакционной способности купратов от таковой для магни- и литийорганических соединений. Алкилирование енолятов, алкилирование алкинов, реакции сопряженного присоединения. Карбометаллирование алкинов. Гидрокуприрование по Бахвальду.
2. Металлы Райке. “Неклассические” Гриньяры и литийорганические соединения. Границы толерантности литий- и магниорганических соединений по отношению к функциональным группам. Химия неустойчивых металлорганических интермедиатов в проточных реакторах.
3. Реакции металлизации. Прямое металлизирование ациклических и циклических алкенов и алленов. Реакция Шапиро. Обмен галоген – металл. Прямое металлизирование алкинов. Применение реакций элиминирования для синтезов металлизированных алкинов. Реакция Кори-Фукса. орто-Металлизирование. Супероснования. Современные методы синтеза аринов и их применение в органическом синтезе. Применение металлизированных алкенов, алкинов и аренов в органическом синтезе.
4. Еноляты образующиеся под кинетическим и термодинамическим контролем. Влияние растворителя, температуры и основания на образование “термодинамических” и “кинетических” енолятов. Z и E формы енолятов. Региоселективные синтезы енолятов под кинетическим и термодинамическим контролем: депротонирование карбонильных соединений при различных температурах, реакции МОС с ацетатами или эфирами енолов, восстановление в амиаке, восстановительное сопряженное присоединение МОС, синтезы сопряженных енолятов. Модель шестичленных циклических переходных состояний при образовании Z и E енолятов. Стереоселективное образование Z- и E-енолятов с применением бор-, кремний и цирконийорганических соединений из кетонов, diazoэфиров и сложных эфиров.
5. Амбидентность енолятов. Модель Балдвина. Алкилирование ациклических и циклических енолятов. Стереохимия присоединения “термодинамических” и “кинетических” енолятов, а также Z- и E-енолятов к альдегидам и кетонам. Модель креслообразных переходных состояний Зимермана-Трэклера. Влияние обратимости реакции конденсации на соотношение продуктов реакции. Присоединение к  $\alpha,\beta$ -ненасыщенным карбонильным соединениям. Циклизация Робинсона. Кетон Вейланда-Мишера.
6. Синтез енаминов под кинетическим и термодинамическим контролем. Применение енаминов в органическом синтезе: Протонирование (дейтерирование). Алкилирование (преимущества перед енолятами). Двойное алкилирование. Реакции с предельными и  $\alpha,\beta$ -ненасыщенным галогенацилами. Присоединение Михаэля (с ненасыщенными кетонами, эфирами и нитрилами). Циклизация Робинсона - стереоселективный вариант.

Стереоселективное алкилирование металлизированных азометинов. Метод Мейерса. Реакции Бейлиса-Хилмана и Манниха. Понятие органокатализа.

7. Борорганические реагенты в органическом синтезе. Синтез исходных борорганических реагентов. Реакции гидроборирования алкенов и алкинов. Контроль конфигурации борорганического продукта. Влияние заместителей в субстрате и гидридах бора на региоселективность реакции гидроборирования. BBN. Асимметрическое гидроборирование. Галогеноборирование терминальных алкинов. Синтез функционализированных борных кислот. Сочетание с участием борорганических алкенов (синтез природных терпенов), арилборных кислот и боралкинильных производных. Реакции карбонилирования борорганики. Реакции фрагментации борорганических соединений в синтезе олефинов.
8. Реакции  $\alpha$ -металлирования. Анионы стабилизированные гетероатомом в  $\alpha$ -положении
9. Диастереоселективный синтез олефинов. Реакция Виттига. Стабилизированные и нестабилизированные илиды фосфора. Z/E-контроль стереоселективности в реакциях со стабилизированными и нестабилизированными илидами. Реакция Хорнера-Эммонса-Виттига. Реакция Петерсона. Реакции Петасиса и Теббе. Стереохимия реакции Джулио-Литгоу. Метинилирование по Эшенмозеру. Реакция Ненайденко-Шастина. Гидроборирование алкинов/ацидолиз. Перегруппировки алкенилборных кислот. Реакции присоединения-элиминирования. Сигматропные перегруппировки Кляйзена, Копа и Виттига. (гетероКляйзен и гетероКоп). Реакции кросс-сочетания. Реакции циклофрагментации.
10. Защитные группы в органическом синтезе. Понятие защитных групп и их необходимость. Защитные группы с горизонтальной и ортогональной стабильностью и принципы их использования.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Смит Вильям Артурович. Основы современного органического синтеза : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности ВПО 020101.65 - химия. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. - 750 с. : ил. - (Химия). - ISBN 978-5-94774-941-0 : 506.00., 2 экз.
2. Дрозина В.В. Механизм творчества решения нестандартных задач : учебное пособие / Дрозина В.В.; Дильман В.Л. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 258 с. - ISBN 978-5-00101-718-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=735536&idb=0>.
3. Марч Джерри. Органическая химия : Реакции, механизмы и структура : углубл. курс для ун-тов и хим. вузов : в 4 т. [Т.] 1 / пер. с англ. З. Е. Самойловой ; под ред. И. П. Белецкой. - М. : Мир, 1987. - 381 с. : ил. - 2.90., 3 экз.
4. Марч Джерри. Органическая химия : Реакции, механизмы и структура : углубл. курс для ун-тов и хим. вузов : в 4 т. [Т.] 2 / пер. с англ. М. А. Родкина, З. Е. Самойловой ; под ред. И. П. Белецкой. - М. : Мир, 1987. - 504 с. : ил. - 3.90., 3 экз.
5. Марч Джерри. Органическая химия : Реакции, механизмы и структура : углубл. курс для ун-тов и хим. вузов : в 4 т. [Т.] 3 / пер. с англ. М. А. Родкина, З. Е. Самойловой ; под ред. И. П. Белецкой. - М. : Мир, 1987. - 459 с. - 2.50., 3 экз.
6. Марч Джерри. Органическая химия : Реакции, механизмы и структура : углубл. курс для ун-тов и хим. вузов : в 4 т. [Т.] 4 / пер. с англ. М. А. Родкина, З. Е. Самойловой ; под ред. И. П. Белецкой. - М. : Мир, 1988. - 468 с. - 2.60., 3 экз.
7. Илиел Эрнест. Основы органической стереохимии = Basic Organic Stereochemistry / пер. с англ.



3. А. Бредихиной ; под ред. А. А. Бредихина. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2007. - 703 с. : ил. - ISBN 978-5-94774-370-8 (рус.) : 210.00., 2 экз.
8. Днепровский Алексей Самсонович. Теоретические основы органической химии : Строение, реакционная способность и механизмы реакций органических соединений : [учеб. пособие для хим. специальностей вузов]. - Л. : Химия, Ленингр. отд-ние, 1979. - 520 с. : ил. - 1.60., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Тойб Мартин Л. Механизмы неорганических реакций : популярный очерк современных воззрений на кинетику реакций неорганических комплексных соединений / пер. с англ. А. А. Серебряковой ; под ред. К. Н. Семененко. - М. : Мир, 1975. - 275 с. : с черт. - 1.09., 3 экз.
2. Тойб М. Механизмы неорганических реакций : монография / Тойб М.; Берджесс Дж. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 683 с. - ISBN 978-5-93208-546-2.,  
<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=838092&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://www.chem.ox.ac.uk/vrchemistry/iom/>  
<http://crab.rutgers.edu/~alroche/MechanismInOrgChem.html>  
<http://www.chemhelper.com/mechanisms.html>  
<http://www.chemguide.co.uk/mechmenu.html>  
<http://chemistry-chemists.com/chemister/Uchebник/uchebnik.htm>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 04.03.01 «Химия».

Автор(ы): Федоров Алексей Юрьевич, доктор химических наук, профессор. Заведующий кафедрой: Федоров Алексей Юрьевич, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии химического факультета от 23 мая 2023 г., протокол № 7.