

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН
по направлению 04.00.00 «Химия»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Рекомендуется для направления подготовки

04.06.01 «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»

Направленность программы (профиль):

- **Органическая химия**

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью дисциплины Органическая химия является систематизация и углубление знаний в выбранной аспирантами области, а также подготовка к успешной сдаче кандидатского экзамена и защиты кандидатской диссертации по специальности органическая химия. Детальное понимание строения и химических превращений всех классов органических соединений, изученных за годы обучения в магистратуре, углубление представлений о механизмах основных реакций (нуклеофильное и электрофильное присоединение/замещение, реакции элиминирования), включая наиболее часто встречающиеся процессы циклоприсоединения, молекулярных перегруппировок, конденсаций и циклизаций различного типа являются сутью курса. Одной из важнейших задач этой ступени образования является формирование у аспирантов понимания механизмов современных каталитических процессов (металло-катализируемые процессы, металлоорганические и органические катализаторы и др.), включая катализаторы для диастероселективного и энантиоселективного синтеза. Из практических целей курса важнейшей является формирование у аспирантов, на основе полученных теоретических знаний о методах формирования и разрыва связей С-С и С-гетероатом, навыка самостоятельного решения синтетических задач – планирования и экспериментального оформления синтеза.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Органическая химия» относится к вариативной части учебного цикла блока Б.1.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Универсальные компетенции			
1	УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	История и философия науки Методология научных исследований Приоритетные направления развития химии	Дисциплины вариативной части Блока 1, в том числе направленные на подготовку кандидатского экзамена Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)
Профессиональные компетенции			
2	ПК-2 Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской	Приоритетные направления развития химии Методология научных исследований	Дисциплины вариативной части Блока 1, в том числе направленные на подготовку кандидатского экзамена Подготовка к сдаче и сдача

	работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по выбранному профилю (научной специальности)		государственного экзамена Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно- квалификационной работы (диссертации)
3	ПК-4 Способность применять фундаментальные научные знания в области химии и смежных наук при осуществлении преподавательской деятельности; владение методами преподавания и разработки учебно-методических материалов дисциплин в области химии	Методика преподавания химии в высшей школе	Дисциплины вариативной части Блока 1, в том числе направленные на подготовку кандидатского экзамена Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно- квалификационной работы (диссертации) Дисциплины вариативной части Блока 1, в том числе направленные на подготовку кандидатского экзамена

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:
УК-1; ПК-2; ПК-4

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

Знать: свойства основных классов органических соединений, механизмы реакций органического синтеза, практические и теоретические аспекты действия катализаторов и каталитических систем.

Уметь: критически анализировать и использовать в работе современные научные достижения, генерировать новые идеи при решении практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Уметь применять полученные фундаментальные научные знания в области химии и смежных наук при осуществлении производственной, научной или преподавательской деятельности. Уметь синтезировать вещества и доказывать их строение с применением всего арсенала физико-химических методов исследования РСА, ЯМР, ИК и УФ спектроскопия, Масс-спектрометрия.

Владеть: навыками для самостоятельного ведения научно-исследовательской деятельности, путями планирования, получения, интерпретации и описания (презентации) полученных научных результатов, удовлетворяющих требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.03 – Органическая химия. Владеть всем арсеналом средств и методик эксперимента лабораторий органической химии, а также методов преподавания и разработки учебно-методических материалов дисциплин в области химии.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **6** зачетных единицы (216 часов).

Вид учебной работы	Всего часов	Год обучения			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	80		80		
В том числе:					
Лекции	80		80		
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
Самостоятельная работа (всего)	136		136		
Общая трудоемкость час зач. ед.	216		216		
	6		6		

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Строение органических соединений	Описание органических молекул (метод валентных связей и метод молекулярных орбиталей). Модель гибридизации АО, σ - и π -связи. Теория резонанса. Электронные эффекты заместителей. Индуктивные и мезомерные эффекты атомов и функциональных групп. Концепция степени окисления для органических соединений.
2.	Изомерия	Понятие о конформациях и конфигурациях органических соединений. Способы изображения молекул (проекции Ньюмена, Фишера, лесопильные козлы). Конформации циклов. Энантиомерия и диастереомерия. Виды хиральности. Абсолютная и относительная конфигурации. Мезо-формы. Стереои́зомерия в циклических структурах.
3.	Кислоты и основания	Протолитическая теория Брэнстеда-Лоури. Сила кислот и оснований. Понятие о сопряженных основаниях и сопряженных кислотах. Влияние электронных и стерических эффектов на кислотность. Понятие кинетической кислотности. Теория Льюиса. Донорно-акцептонные взаимодействия. Теория ЖМКО Пирсона. Поляризуемость ионов и молекул. Нуклеофилы и электрофилы. Конкуренция нуклеофильности и основности. Факторы, определяющие силу нуклеофилов и электрофилов.
4.	Механизмы и интермедиаты органических реакций	Способы определения механизмов. Реакционноспособные интермедиаты: карбокатионы, карбанионы, радикалы, карбены, нитрены (стабильность и синтетические эквиваленты).
5.	Методы идентификации и разделения	Спектральные методы анализа в органической химии (ЯМР, УФ, ИК). Основные принципы, возможности методов. Масс-спектрометрия как метод анализа

	органических соединений	органических соединений. Рентгеноструктурный анализ органических соединений. Хроматография.
6.	Нуклеофильное замещение (S_N-sp^3)	Механизмы нуклеофильного замещения (бимолекулярный и мономолекулярный). Пространственные и электронные эффекты. Уходящие группы, понятие нуклеофугности и электрофугности. Обращение конфигурации и рацемизация.
7.	Нуклеофильное замещение в аренах	Механизм присоединения-отщепления. Комплекс Мейзенгеймера. Активность уходящих групп в реакциях замещения. Ариновый механизм. Региоселективность замещения в неактивированных системах. Викариозное замещение водорода. Кинетические особенности реакции.
8.	Электрофильное замещение в аренах	Ароматичность, общие представления. Правило Хюккеля. Диаграммы Фроста. Описание бензола в терминах ММО. Ароматичность заряженных частиц и гетероциклов. ЯМР как метод оценки ароматичности. Антиароматичность, структурные особенности циклических полиенов. Механизм электрофильного замещения. Типы электрофилов, региоселективность замещения. Направляющее действие заместителей. Устойчивость s -комплексов. Согласованное и несогласованное действие заместителей. Алкилирование и ацилирование по Фриделю-Крафтсу.
9.	Реакции присоединения по кратной связи	Механизмы присоединения, правило Марковникова и случаи его нарушения. Типы электрофилов. Катионоидные интермедиаты в Ad_E реакциях. Ониевые ионы. Катионные перегруппировки и циклизации. Электрофильное присоединение к диенам и другим сопряженным системам.
10.	Реакции элиминирования	Реакции элиминирования, сравнение механизмов. Правило Зайцева. Конкуренция реакций замещения и элиминирования. Элиминирование по Гофману. Элиминирование по Коупу.
11.	Реакции присоединения по карбонильной группе	Карбонильные соединения и их производные. Механизмы присоединения по поляризованным кратным связям. Электронные и пространственные эффекты. Обратимое присоединение, критерии обратимости. Гетероатомные нуклеофилы. Получение и разложение ацеталей, тиоацеталей, оснований Шиффа. Производные карбоновых кислот. Реакция этерификации. Ацилирование O -, N -, S -нуклеофилов. C -нуклеофилы, присоединение карбанионов. Обращение полярности по Кори-Зеебаху. Бензоиновая конденсация.
12.	Металлоорганические реагенты	Литий-, магний-, медь-, цинк-, кадмий-, ртуть-, церий-органические соединения.
13.	Реакция альдольно-кетоновой конденсации и родственные реакции	Кето-енольная таутомерия, получение енолятов, сравнение их нуклеофильности. Альдольная конденсация. Сложноэфирная конденсация Кляйзена. Перекрестная альдольная конденсация. Направленная конденсация, стереохимия реакции. Правило Крама, модель Фелкина-Ана. Силиленоляты и литиевые еноляты. Реакция Мукаями. Енамины как нуклеофилы. Реакция Манниха.

14.	Илиды и сопряжённое присоединение	Присоединение илидов фосфора и серы. Реакция Виттига и родственные реакции. Регио-и стереоселективность. Реакция Кори-Чайковского. Сопряженное присоединение. Реакция Михаэля. Субстраты Михаэля в реакциях С-С сочетания. Анионная полимеризация акцепторных алкенов.
15.	Металло-органические соединения	π -Комплексы переходных металлов. Палладий-катализируемые реакции кросс-сочетания. Основные стадии каталитических циклов. Региоселективность, требования к субстратам. Реакции присоединения по кратным связям, катализируемые комплексами переходных металлов. Титан-органические реагенты. Реакция Кулинковича. Полимеризация алкенов на катализаторах Циглеру-Натта. Метатезис алкенов и енинов: общие представления, механизм, хемоселективность.
16	Радикальные реакции	Источники свободных радикалов. Цепное радикальное замещение. Классификация реагентов. Радикальное присоединение по кратным связям. Примеры каталитических циклов. Радикальные реакции С-С сочетания. Хемо-и региоселективность присоединения. Восстановление кратных связей металлами. Типы субстратов. Восстановление по Берчу. Пинаконовое восстановление. Ацилоиновая конденсация.
17.	Реакции циклоприсоединения	Реакция Дильса-Альдера. Орбитальное рассмотрение. Стереохимия. Электронные требования. Эндо-правило Альдера. Гетерореакция Дильса-Альдера. Диполярное циклоприсоединение. Типы 1,3-диполей и диполярофилов. Озонолиз.
18.	Сигматропные перегруппировки	Сигматропные перегруппировки, общие представления. Механизмы, орбитальные требования. Перегруппировки Кляйзена, Коупа. Принцип сохранения орбитальной симметрии.
19.	Фотохимические реакции	Основы фотохимии. Квантовый выход. Диаграммы Яблонского. Механизмы фотохимических реакций. [2+2] циклоприсоединение. Орбитальные требования. Способы активации субстратов. Превращения, инициируемые видимым светом. Фотоизомеризация.
20.	Карбены и нитрены	Реакционная способность карбенов и карбеноидов. Способы генерации карбенов. Диазосоединения. Реакции циклопропанирования. Реакция Симмонса-Смита, механизм, стереохимические особенности. Нитрены – способы генерации. Нитреновые перегруппировки: Гофман, Курциус, Шмидт. Реакция Штаудингера. Перегруппировка Бекмана.
21.	Восстановление	Гидридные восстановители. Пространственные эффекты. Восстановление боранами. Реагент Кори-Бакши-Шибаты. Реакции гетерогенного гидрирования. Катализатор Линдлара. Восстановление атомарным водородом. Ионное гидрирование. Реакция Клеменсена. Реакция Кижнера-Вольфа.
22.	Окисление	Окисление спиртов. Реагент Джонса и другие производные

		хрома (VI). Окисление по Сверну и Моффату. Реакции эпоксирирования и гидроксилрирования. Подходы к асимметрическому синтезу эпоксидов и вицинальных диолов.
23.	Изонитрилы, мультикомпонентные реакции	Синтез изонитрилов, реакции присоединения по связи C=N. Реакция Уги и другие примеры 3 и 4-х компонентных реакций. Преимущества и недостатки.
24.	Обратимые реакции. Кинетический и термодинамический контроль.	Энергетический профиль обратимых реакций. Реакции сульфирования в ароматическом ряду. Обратимость реакции Дильса-Альдера, использование в синтезе. 1,2 и 1,4-присоединение в сопряжённые системах. Влияние растворителя и стерических эффектов на обратимость реакций.
25.	Сахара	Стереохимия углеводов. Мутаротация. Гликозилрирование. Анхимерное содействие. Защитные группы в химии углеводов. Окисление и восстановление углеводов. Углеводы как природные источники хиральности.
26.	Аминокислоты и пептиды	Стереохимия аминокислот. Способы получения аминокислот. Химические свойства аминокислот. Пептиды и белки. Органокатализ. Ферментативный катализ.
27.	Жиры, липиды и родственные соединения. Терпены. Стероиды.	Жиры и фосфолипиды. Жирные кислоты. Простагландины. Терпены: особенности строения, биосинтез, распространение в природе. Стероиды.
28.	Витамины	Основные группы витаминов А, В, С, D, Е, Н, К, U синтез и активность.
29.	Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом	Фуран, пиррол, тиофен синтез и реакционная способность.
30.	Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами	Азолы – оксазол, тиазол, пиазол, имидазол. Синтез и химические свойства.
31.	Шестичленные гетероциклы	Пиридин, хинолин, изохинолин. Синтез и свойства.
32.	Шестичленные гетероциклы с двумя гетероатомами	Пиримидин, пиазин, пиадазин. Синтез и свойства.
33.	Алкалоиды	Основные группы алкалоидов. Индольные, изохинолиновые, придиновые, тропановые, пирролизидиновые, хинолизидиновые, мускарины, производные фенэтиламина.
34.	Полный синтез.	Методы и подходы к планированию полного синтеза. Примеры классических синтезов природных алкалоидов. Ретросинтетический анализ. Построение дерева синтеза при помощи БД Reaxys и SciFinder.
35.	Малые и макроциклы	Трёх- и четырёхчленные гетероциклы. Краун-эфирь, криптанды, каликсарены, циклодекстрины, катенаны, кукурбитурил.
36.	Планирование многостадийного	Линейная и конвергентная схема синтеза. Защитные группы для различных функциональных групп. Основные

	синтеза	направления промышленного органического синтеза.
37.	Диастереоселективный синтез	Факторы, контролирующие диастереоселективность: стереоэлектронные и пространственные (стерические). Син- и анти-присоединение по кратным связям. Номенклатура диастереомеров, методы анализа и разделения диастереомерных смесей.
38.	Энантиоселективный синтез	Асимметрическая индукция. Хиральные субстраты и катализаторы. Асимметрическое гидрирование и циклоприсоединение. Асимметрическое присоединение к карбонильной группе и двойной связи. Органокатализ. Биокатализ. Методы анализа и разделения энантиомеров.

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практ. зан	Лаб. зан.	Семинар	СРС	Всего час.
1.	Строение органических соединений	2				3	5
2.	Изомерия	2				3	5
3.	Кислоты и основания	2				3	5
4.	Механизмы и интермедиаты в органических реакциях	2				3	5
5.	Методы идентификации и разделения органических соединений	2				3	5
6.	Нуклеофильное замещение (SN-sp3)	2				3	5
7.	Нуклеофильное замещение в аренах	2				3	5
8.	Электрофильное замещение в аренах	2				3	5
9.	Реакции присоединения по кратной связи	2				3	5
10.	Реакции элиминирования	2				3	5
11.	Реакции присоединения по карбонильной группе	2				3	5
12.	Металлоорганические реагенты	2				3	5
13.	Реакция альдольно-кетоновой конденсации и родственные реакции	2				3	5
14.	Илиды и сопряжённое присоединение	2				3	5
15.	Металло-органические соединения	2				3	5
16.	Радикальные реакции	2				3	5
17.	Реакции циклоприсоединения	2				3	5
18.	Сигматропные перегруппировки	2				3	5
19.	Фотохимические реакции	2				3	5
20.	Карбены и нитрены	2				3	5
21.	Восстановление	2				3	5
22.	Окисление	2				3	5

23.	Изонитрилы, мультикомпонентные реакции	2				3	5
24.	Обратимые реакции. Кинетический и термодинамический контроль.	2				3	5
25.	Сахара	2				3	5
26.	Аминокислоты и пептиды	2				3	5
27.	Жиры, липиды и родственные соединения. Терпены. Стероиды.	2				3	5
28.	Витамины	2				3	5
29.	Пятичленные гетероциклы	2				3	5
30.	Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами	2				3	5
31.	Шестичленные гетероциклы	2				3	5
32.	Шестичленные гетероциклы с двумя гетероатомами	2				3	5
33.	Алкалоиды	2				8	10
34.	Полный синтез.	2				8	10
35.	Малые и макроциклы	2				3	5
36.	Планирование многостадийного синтеза	2				7	9
37.	Диастереоселективный синтез	4				7	11
38.	Энантиоселективный синтез	4				7	11
	Всего	80				136	216

6. Лабораторный практикум: не предусмотрен учебным планом

7. Практические занятия (семинары): не предусмотрены учебным планом

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Москва, ул. Орджоникидзе, д.3, корп.1

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы:

ауд.№ 612 Комплект специализированной мебели; технические средства: проектор BENQ MX661, проектор NEC NP40, экран моторизованный для проекторов, столы; имеется wi-fi

9. Информационное обеспечение дисциплины:

а) программное обеспечение:

- ОС Windows, MS Office (программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions), браузер Firefox (лицензия MPL-2.0) или браузер Chrome (лицензия Google Chrome Terms of Service); Adobe Reader (Adobe Software License Agreement).

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

Учебно-научный информационный библиотечный центр РУДН	http://lib.rudn.ru/
ЭБС РУДН	http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web
ЭБС "Университетская библиотека ONLINE"	http://www.biblioclub.ru
Телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС) РУДН	http://esystem.pfur.ru/course/view.php?id=998
Портал фундаментального химического образования России	http://www.chemnet.ru
Научная электронная библиотека eLibrary.ru	http://www.elibrary.ru/defaultx.asp
Химическая энциклопедия	http://www.chemport.ru
XuMuK: сайт о химии для химиков	www.xumuk.ru
Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:	www.webofscience.com
	http://www.scopus.com/
IOPSCIENCE IOP Publishing	http://iopscience.iop.org/journals?type=archive
Mendeley	http://www.mendeley.com/
Nature	http://www.nature.com/siteindex/index.html
Reaxys, Reaxys Medicinal Chemistry	https://www.reaxys.com/
RSC, журналы Королевского химического общества (Royal Society of Chemistry),	http://pubs.rsc.org/
ScienceDirect (ESD), «FreedomCollection», ИД "Elsevier"	http://www.sciencedirect.com
SciFinder-n	https://scifinder-n.cas.org/
SPRINGER	https://rd.springer.com/
Wiley Online Library	www.wileyonlinelibrary.com
Академия Google	https://scholar.google.ru/
The Blue Book — официальное руководство IUPAC по номенклатуре	http://www.acdlabs.com/iupac/nomenclature/

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

- Шабаров Ю. С. “Органическая химия”, СПб., Лань, 2011
- Белобородов В.Л., Зурабян С.Э., Лузин А.П., Тюкавкина Н.А. Органическая химия. “Дрофа”, Москва
- Дополнительные главы органической химии: учебное пособие Нечаев А. П., Болотов В. М. Издательство: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2016

б) дополнительная литература

- Терней А. “Современная органическая химия”. Москва. Изд. «Мир», 1978, т. 1,2.
- Моррисон Р., Бойд Р. “Органическая химия”. Москва. Изд. «Мир», 1974. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. “Органическая химия. Учебник в 4 томах”. М., Лаборатория знаний, 2017.
- Грандберг И.И. Органическая химия: учебник для вузов. М. Дрофа, 2009.
- Сайкс П. “Механизмы реакций органической химии”. М: "Химия", 1991 г.
- Травень В. Ф. “Органическая химия: учебник для вузов” в 2 т. М., ИКЦ «Академкнига», 2004.
- Химия гетероциклических биологически активных веществ: учебное пособие Носова Э. В. Издательство: Издательство Уральского университета, 2014
- Применение асимметрических реакций Михаэля в органическом синтез: презентация к выпускной квалификационной работе. Филиппова Т. В. Год: 2018

– Химия хинонов: электронное учебное пособие Денисов В. Я., Ткаченко Т. Б.
Издательство: Кемеровский государственный университет, 2014

11. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

От аспирантов требуется посещение лекций по специальности.

В ходе курса планируется выполнение 10 домашних заданий и 4 контрольных работ. Домашние задания сдаются не позднее даты указанной преподавателем. При невозможности присутствовать на занятиях – домашние задания принимаются через ТУИС или Личный кабинет преподавателя. Домашние задания, сданные не вовремя, не оцениваются. При получении неудовлетворительной оценки по контрольной работе аспирант имеет возможность переписать контрольную работу в течении двух недель следующих за объявлением результатов. Итоговая контрольная работа по курсу включает 10 вопросов каждый из которых оценивается в 3 балла. Итоговая контрольная обязательна. Баллы, полученные по итоговой контрольной работе, суммируются с баллами, набранными в семестре. Итоговая контрольная работа не переписывается.

Лекции:

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Органическая химия» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

доцент кафедры органической химии



Зубков Ф. И.

Руководитель программы



Варламов А. В.

Заведующий кафедрой
органической химии



Воскресенский Л. Г.