

*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**

**«СТЕРЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ»**

**Рекомендуется для направления подготовки**

**04.06.01 «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

## 1. Цели и задачи дисциплины:

Изучение дисциплины "Сtereoхимия органических соединений" призвано достижению следующих основных целей и задач: сформировать у аспиранта всестороннее представление о стереоизомерии органических соединений, о её видах, о номенклатуре стереоизомеров; о конформациях и конформационном анализе основных классов органических соединений; о динамической стереохимии основных классов органических соединений; ознакомление с современными методами получения стереоизомеров и определения пространственной конфигурации и с применением физико-химических методов анализа; анализу стереохимических особенностей органических соединений и корректному предсказанию влияния пространственного строения на химические свойства органических соединений; методам разделения пространственных изомеров; методам селективного синтеза пространственных изомеров.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Сtereoхимия органических соединений» относится к вариативной части блока 1 учебного плана по направлению 04.06.01 и является дисциплиной по выбору. Для успешного освоения дисциплины аспирант обязан иметь исчерпывающие знания о закономерностях строения неорганических и органических соединений, обладать современными представлениями о типах и особенностях химической связи между атомами в молекулах. Иметь базовые знания о видах пространственной изомерии (геометрическая, энантиомерия, диастереомерия, ротамерия), о номенклатуре пространственных изомеров, различиях в их физических и химических свойствах. В полной мере владеть терминологией и аппаратом органической химии (свойства классов органических соединений, типы и механизмы реакций).

В таблице № 1 приведены предшествующие 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	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)	История и философия науки Методология научных исследований Приоритетные направления развития химии	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)
Профессиональные компетенции			
2	Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области химии, владение культурой научного исследования в области химии (ПК-1)	Приоритетные направления развития химии Методология научных исследований	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:  
УК-1, ПК-1.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

**Знать:** стереохимические аспекты всех классов органических соединений, основные способы разделения, идентификации и синтеза пространственных изомеров;

**Уметь:** определять вид хиральности – точечная, планарная, спиральность и т.д.; распознавать энантиотопные и диастереотопные группы и плоскости; использовать при проведении органических синтезов теоретические знания о структуре и пространственном строении органических соединений различных классов; использовать в практической работе основные методы по установлению их структуры; применять основные законы стереохимии в теоретических изысканиях.

**Владеть:** номенклатурой пространственных изомеров - конформеров, энантиомеров и диастереомеров; методологией, теоретическими подходами и экспериментальными методами для решения теоретических и практических задач стереохимии органических соединений; методологией выбора методов анализа и синтеза различных соединений.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Год обучения			
		1	2	3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>60</b>		60		
В том числе:					
<i>Лекции</i>	40		40		
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	-		-		
<i>Семинары (С)</i>	-		-		
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	20		20		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>48</b>		48		
Общая трудоемкость	час	<b>108</b>	108		
	зач. ед.	<b>3</b>	3		

### 5. Содержание дисциплины

#### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Название тем дисциплины	Краткое содержание тем дисциплины:
1	<b>Введение</b>	История. Развитие концепции тетраэдрической конфигурации атома углерода. Поляриметрия и оптическое вращение. Хиральность в природе, теории её происхождения. Взаимосвязь стереохимии и остальных разделов химии.
2	<b>Структура</b>	От атома к молекуле. Конфигурация и конформация, методы их установления. Расчётные методы определения структуры. Молекулярные модели. Программное обеспечение для визуализации и уточнения конформации молекул.

3	<b>Стереизомеры</b>	Классификация. Энантиомеры, диастереомеры. Вырожденные случаи. Барьеры между стереоизомерами.
4	<b>Симметрия</b>	Элементы симметрии. Операторы симметрии и точечные группы симметрии. Точечные группы для хиральных и ахиральных молекул. Симметрия и свойства молекул. Вращение плоскополяризованного света. Дипольный момент. Число симметрии.
5	<b>Конфигурация и конформация молекул</b>	Относительная и абсолютная конфигурация. Номенклатура конформеров диастереоизомеров и энантиомеров. Определение абсолютной конфигурации. Метод Бийво. Теоретические подходы. Рентгеноструктурный анализ. Химическая корреляция. Метод квазирацематов. Физические методы установления конфигурации.
6	<b>Свойства стереоизомеров</b>	Виды рацематов. Сравнение рацематов с энантиомерами. Оптическая активность. Форма кристалла. Плотность, растворимость, температуры кипения и плавления. Спектральные свойства стереомеров: ЯМР, ИК, Масс, УФ. Определение энантиомерного и диастереомерного состава веществ. Хроматографические и кинетические методы определения состава стереомеров. Биологические свойства стереоизомеров.
7	<b>Разделение стереоизомеров, рацемизация</b>	Разделение энантиомеров при кристаллизации: сортировка кристаллов, избирательная кристаллизация, спонтанное расщепление. Химическое разделение рацематов: образование и разделение диастереомеров, соединения включения и другие комплексные соединения. Хроматографическое разделение. Асимметрические превращения диастереомеров. Кинетическое расщепление. Биотическое (ферментное и микробиологическое) и абиотическое расщепление рацематов.
8	<b>Гомотопные, энантиотопные и диастереотопные элементы. Стереоселективный синтез. Реакции присоединения по карбонильной группе</b>	Простереоизомерия. Основные термины и понятия. Гомотопные, энантиотопные заместители и стороны. Гетеротопность и ЯМР. Использование ЯМР для определения конфигурации и дескрипторов простереоизомерии. Гетеротопные заместители и стороны в реакциях на примере карбонильных соединений. Гетеротопность в реакциях, катализируемых ферментами.
9	<b>Стереохимия алкенов</b>	Природа цис-транс-изомерии. Номенклатура алкенов. Кумулены. Неплоские алкены. Изомеры относительно связей C=N и N=N. Определение конфигурации цис-транс-изомеров. Взаимопревращения цис-транс-изомеров. Методы селективного синтеза геометрических изомеров.

10	<b>Конформация и конфигурация простейших алканов</b>	Конформации этана, бутана и других ациклических алканов. Конформация и реакционная способность, уравнения Уинштейна-Холнесса и принцип Кёртина-Гаммета.
11	<b>Конфигурация и конформация циклических молекул</b>	Конформации циклопропана, циклобутана, циклопентана, циклогексана, циклогептана и циклов большего размера. Насыщенные гетероциклы, аномерный эффект. Определение конформации циклических молекул. Устойчивость циклических молекул, виды напряжений в циклах, эффект Торпа-Ингольда для реакций циклизации. Правила Болдуина. Моно- и дизамещённые циклобутаны, циклопентаны и циклогексаны. Синтез, конформация и реакционная способность циклогексенов. Стереохимия конденсированных, мостиковых и каркасных систем. Пропелланы, катенаны, ротаксаны, узлы и ленты Мёбиуса. Кубан, тетраэдран, додекоэдран, адамантан и бакминстерфуллерен.
12	<b>Хироптические свойства</b>	Оптическая активность и анизотропная рефракция. Дисперсия оптического вращения. Круговой дихроизм. Эффект Коттона. Использование методов КД и ДОВ для определения абсолютной конфигурации. Эмпирические правила и расчёт оптического вращения. Правила секторов и правила спиральности.
13	<b>Хиральность молекул, лишённых хиральных центров</b>	Аллены – стереохимические особенности, открытие, синтез, нахождение в природе. Методы определения оптической чистоты алленов. Другие кумулены, в том числе и циклические. Алкилиденциклоалканы, спираны, бифенилы и атропоизомерия. Молекулярные пропеллеры, гелицены, циклофаны, металлоцены. Номенклатура молекул, лишённых хиральных центров.
14	<b>Диастереоселективный синтез</b>	Простейшие методы управления диастереоселективностью реакций. Диастереоселективный избыток.
15	<b>Энантиселективный синтез</b>	Энантиселективный и энантиоспецифический синтез. Современные подходы к синтезу индивидуальных энантиомеров. Хиральная индукция. Наведение индукции в синтезе. Оптически деятельные катализаторы. Теория и практика.

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
1.	Введение	2				3	5
2.	Структура	2				3	5
3.	Стереои́зомеры	2				3	5
4.	Симметрия	2				3	5
5.	Конфигурация и конформация молекул	4				3	7
6.	Свойства стереоизомеров	2				3	5
7.	Разделение стереоизомеров	2		8		3	13
8.	Рацемизация	2				3	5
9.	Гомотопные, энантиотопные и диастереотопные элементы. Стереоселективный синтез. Реакции присоединения по карбонильной группе	6				3	9
10.	Сtereoхимия алкенов	2				3	5
11.	Конформация и конфигурация простейших алканов	2				3	5
12.	Конфигурация и конформация циклических молекул	4				3	7
13.	Хироптические свойства	2				3	5
14.	Хиральность молекул, лишённых хиральных центров	2				3	5
15.	Стереоселективный синтез	4		12		6	22
	<b>Всего</b>	<b>40</b>		<b>20</b>		<b>48</b>	<b>108</b>

## 6. Лабораторный практикум

На лабораторных занятиях аспиранты осваивают практические методы синтеза, разделения, очистки и идентификации оптически активных соединений. Получают навыки работы с современными приборами (фотополяриметры, ЯМР спектрометры, монокристалльный дифрактометр РСА, масс-спектрометры с системой ВЭЖХ), используемыми для анализа энантиомеров. По заданию преподавателя планируют и осуществляют синтезы различных пространственных изомеров, учатся разделять образующиеся смеси, анализировать состав образующихся фракций с использованием ЯМР и ВЭЖХ-МС на хиральных фазах.

\*Темы лабораторных работ могут меняться в зависимости от направления и тематики исследования аспиранта.

п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1	5	Конформации алканов. «Стереохимия органических соединений» S <sub>N</sub> -реакций	2
2	6	«Стереохимия органических соединений» реакций присоединения к алкенам	2
3	7	Конформации циклических систем	2
4	9	«Стереохимия органических соединений» реакций циклических систем	2
5	10	Нуклеофильное присоединение по карбонильной группе	2
6	13	Мутаротация и инверсия сахаров	2
7	15	Разделение хиральных бифенилов	2
8	15	Асимметрический синтез	6
	<b>Итого</b>		<b>20</b>

**7. Практические занятия (семинары):** не предусмотрены

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

ул. Орджоникидзе, д.3, 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	Программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions  № 86626883 от 01.04.2018 г. (Продлевается каждый год, при этом программе присваивается новый номер).
ул. Орджоникидзе, д.3, Научная химическая лаборатория для проведения занятий лабораторного типа, индивидуальных консультаций, Лаборатория химии гетероциклических соединений ауд.№ 627	Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: вытяжной шкаф, холодильник, компьютер, МФУ ротационный испаритель, колбагреватель, магнитная мешалка без нагрева, магнитная мешалка с нагревом, весы электронные, вакуумный насос, УФ реактор, газовый баллон, , имеется выход в интернет	Microsoft Windows 7 Pro CIS and GE, лицензия OEM Microsoft Office, для дома и бизнеса 2010, лицензия № MB1837523, дата выдачи 14.08.2012 г.
ул. Орджоникидзе, д.3, Научная химическая лаборатория для проведения занятий лабораторного типа, индивидуальных консультаций, Лаборатория органического синтеза ауд.№ 601	Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: микроволновый реактор MonoWave 300, вакуумная станция, холодильник «Атлант», компьютер, вакуумный насос мешалка магнитная с подогревом, колбагреватель, весы, вытяжной шкаф (3 шт), ротационный испаритель, сушильный шкаф, мешалка магнитная без подогрева, имеется выход в интернет	Microsoft Windows 8.1 Professional, Код продукта № 00180-20019-55372-AAOEM. Microsoft Office 2013 Код продукта 00197-17922-67938-AA885 Microsoft Win 10 Pro, Код продукта № 00330-80000-00000-AA359. Microsoft Office 2016 Код продукта 00202-50269-87769-AA225

## 9. Информационное обеспечение дисциплины:

### а) программное обеспечение

Программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions № 86626883 от 01.04.2018 г. (Продлевается каждый год, при этом программе присваивается новый номер), ISIS Draw. Интернет поисковики FireFox и Opera. Интернет-сайт кафедры <http://web-local.rudn.ru/web-local/kaf/rj/index.php?id=82&p=2026>. Доступ к базам научных данных Medline, Pubmed, Scopus, Science-Finder.

### б) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- База данных Scopus <https://www.scopus.com/>
- База данных Web of Science: [http://apps.webofknowledge.com/WOS\\_GeneralSearch\\_input.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&SID=N1cZ3JYECIUJdm14VTK&preferencesSaved=](http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=N1cZ3JYECIUJdm14VTK&preferencesSaved=)
- Organic Chemistry Portal: <http://www.organic-chemistry.org/>
- База данных Reaxys: <https://www.reaxys.com/reaxys/secured/search.do>
- The Blue Book — официальное руководство IUPAC по номенклатуре: <http://www.acdlabs.com/iupac/nomenclature/>
- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН: <http://lib.rudn.ru:8080/MegaPro/Web>

## 10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

### а) основная литература

1. Илиэл Э., Вайлен С., Дойл М. “Основы органической стереохимии”. пер. с англ., изд. “Бином. Лаборатория знаний”, Москва, 2007 г.
2. Ногради М. “Стереоселективный синтез”, пер. с англ., изд. “Химия”, Москва, 1989 г.

### б) дополнительная литература

1. Потапов В.М. «Сtereoхимия органических соединений», изд. “Химия”, Москва, 1988 г.
2. Ногради М. «Stereoхимия органических соединений». пер. с англ., изд. “Химия”, Москва, 1984 г.
3. Соколов В. И. “Введение в теоретическую стереохимию”. изд. “Наука”, Москва, 1982 г.
4. Блага К., Червинка О., Ковер Я. “Основы стереохимии и конформационного анализа”. пер. с англ., изд. “Химия”, Ленинград, 1974 г.
5. Илиэл Э. «Stereoхимия органических соединений углерода» пер. с англ., изд. “Мир”, Москва, 1965 г.
6. Бакстон Ш., Робертс С. “Введение в стереохимию органических соединений”. изд. “Мир”, Москва, 2005 г.
7. Простаков Н.С. “Конфигурация и конформация молекул”. изд. РУДН, Москва, 1972.
8. Илиэл Э. “Основы стереохимии” пер. с англ., изд. “Мир”, Москва, 1971.
9. Дядченко В.П. “Введение в стереохимию: Методическая разработка”. Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005 г.

## 11. Методические рекомендации.

Вид учебных занятий	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять и запоминать ключевые формулы и механизмы, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников, изображение пространственных аспектов механизмов реакций с выписыванием основных стадий в тетрадь. Отметить вопросы, термины, формулы, реакции, которые вызывают трудности, пометить и попытаться найти ответ в основной литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Реферат	Ознакомиться со структурой и оформлением реферата. Осуществить поиск литературы и составить библиографию, используя от 3 до 5 оригинальных научных работ (статьи в недавней научной периодике), изложить мнения авторов и свое суждение по выбранному вопросу; изложить основные аспекты проблемы.
Подготовка промежуточной аттестации	к При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, проработать задания по синтезу пространственных изомеров и их превращений, разобранные на практических занятиях.

От аспирантов требуется посещение практических занятий и лекций обязательное участие в аттестационно-тестовых испытаниях, выполнение домашних заданий.

### *Методические указания и рекомендации по выполнению лабораторных работ.*

Перед выполнением лабораторной работы в рабочем журнале должны быть заполнены столбцы 1, 2.

При выполнении экспериментальной работы аспирант обязан:

- 1) Предварительно подробно ознакомиться с теоретическим материалом и хорошо понять химизм процессов, которые предстоит изучить на практике.
- 2) Внимательно ознакомиться с порядком выполнения лабораторной работы.
- 3) Выполнить лабораторную работу, соблюдая все меры предосторожности и проводя нужные наблюдения.
- 4) Записать результаты опыта в лабораторную тетрадь (столбец (3)) по следующей форме:

Лабораторная работа №

Название работы:

№ Опыта	Дата	Уравнение основной реакции.	Расчёт навесок и объёмов реагентов.	Методика и ход выполнения синтеза.	Выход, и физические характеристики продукта. Данные, использованных методов анализа продукта. Выводы.
Цель опыта.	Ссылка на источник методики	Механизм реакции.	Возможные побочные.		

Техника безопасности: (Использование резиновых перчаток, очков и проч. в ходе работы)

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

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Сtereoхимия органических соединений» (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:

к.х.н., доцент, доцент  
кафедры органической химии



Зубков Ф. И.

### Руководитель программы

д.х.н., профессор,  
профессор-консультант  
кафедры органической химии



Варламов А. В.

### Заведующий кафедрой

органической химии,  
д.х.н., профессор



Воскресенский Л. Г.