

*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**

**Рекомендуется для направления подготовки**

**04.04.01 «ХИМИЯ»**

**Направленность программы (профиль)**

**«ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»**

## 1. Цели и задачи дисциплины:

Целью курса Стереохимия является ознакомление студентов-магистров направления “Химия” с особенностями пространственного строения основных классов органических соединений, овладение номенклатурой пространственных изомеров. Формирование на базе конформационного анализа понятия о роли и взаимосвязи конфигурации (конформации) субстратов (реагентов) и механизмов реакций органических соединений. Способность студента правильно предсказывать стереохимический результат реакций. Введение в основы асимметрического катализа и асимметрического синтеза.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина “Стереохимия” относится к вариативной части блока 1 учебного плана по направлению 04.04.01 и является дисциплиной модуля 1 по выбору. Для успешного освоения дисциплины студент обязан иметь базовые представления о строении органических и неорганических веществ, и их реакционной способности. Владеть основами органической химии (химические свойства основных классов органических соединений, 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
Универсальные компетенции			
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Актуальные задачи современной химии Методы органической химии Теоретическая органическая химия Методика работы с БД Домино реакции в синтезе гетероциклов НИР Экспериментальные методы исследования в химии ЯМР органических соединений Масс-спектрометрия органических соединений Основы дизайна ЛП Химия природных соединений Основы биотехнологии Молекулярный спектральный анализ	Экспериментальные методы исследования в химии Преддипломная практика
Профессиональные компетенции			
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	Актуальные задачи современной химии Методы органической химии Теоретическая органическая химия Методика работы с БД Домино реакции в синтезе гетероциклов НИР Экспериментальные методы исследования в химии ЯМР органических соединений Масс-спектрометрия	Экспериментальные методы исследования в химии Преддипломная практика

	<p>органических соединений          Основы дизайна ЛП          Химия природных соединений          Основы биотехнологии          Молекулярный спектральный анализ</p>	
<p>М-ПК-2-н Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук</p>	<p>Актуальные задачи современной химии          Методы органической химии          Теоретическая органическая химия          Методика работы с БД          Домино реакции в синтезе гетероциклов          НИР          Экспериментальные методы исследования в химии          ЯМР органических соединений          Масс-спектрометрия органических соединений          Основы дизайна ЛП          Химия природных соединений          Основы биотехнологии          Молекулярный спектральный анализ</p>	<p>Экспериментальные методы исследования в химии          Преддипломная практика</p>

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

#### Формируемые компетенции

Компетенции	Название компетенции	Составляющие компетенции
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	<p>УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания.</p> <p>УК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям;</p> <p>УК-6.3. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда</p>
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	<p>М-ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий,</p> <p>М-ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p>
М-ПК-2-н	Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	<p>М-ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных</p> <p>М-ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)</p>

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** виды и номенклатуру пространственной изомерии органических соединений; основы главных разделов стереохимии: конформационный анализ, статическая стереохимия, динамическая стереохимия. Основные методы, использующиеся для установления относительной и абсолютной конфигурации асимметрических элементов хиральных соединений. Стереохимический результат реакций электрофильного и нуклеофильного присоединения и замещения, окисления и восстановления. Основные подходы, использующиеся для энантиоселективного синтеза.

**Уметь:** присваивать стереохимические дескрипторы элементам асимметрии в хиральных молекулах, на основе механизмов и строения исходных субстратов, верно предсказывать стереохимический результат реакции. Осуществлять конформационный анализ основных классов органических соединений, и на его основе делать обоснованные выводы об их реакционной способности. На основании физико-химических методов исследования (РСА, ЯМР, хироптические методы) правильно определять пространственное строение исследуемых соединений. Уметь самостоятельно работать с литературой (учебники, монографии, оригинальные статьи) по стереохимии.

**Владеть:** навыками работы с проекционными формулами химических соединений, моделями Дрейдинга и с компьютерными программами 3D-моделирования химических соединений (ISIS Draw).

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Модули			
		6			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>48</b>	48			
В том числе:					
<i>Лекции</i>	<b>24</b>	24			
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>					
<i>Семинары (С)</i>					
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	<b>24</b>	24			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>60</b>	60			
Общая трудоемкость	час	<b>108</b>	108		
	зач. ед.	<b>3</b>	3		

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	<b>Введение. Основные понятия стереохимии.</b>	Сtereoхимические особенности атома углерода, кремния, азота, фосфора, кислорода, серы. Stereoхимические модели и формулы. Конформация. Конфигурация.
2.	<b>Хироптические явления и их структурные предпосылки</b>	Хиральность. Плоскополяризованный свет. Поляриметрия. Энантиомерия и диастереомерия. Энантиотопия, диастереотопия. Типы элементов хиральности.
3.	<b>Рацематы</b>	Рацематы. Классификация и свойства рацемических смесей. Методы расщепления рацематов. Рацемизация. Использование природных оптически-активных веществ для разделения рацематов.
4.	<b>Номенклатура пространственных изомеров</b>	Номенклатура пространственных изомеров, энантиомеров и диастереомеров.
5.	<b>Методы определения конфигурации асимметрических центров. Хироптические методы.</b>	Относительная и абсолютная конфигурация. Методы определения абсолютной конфигурации: РСА, квазирацематы, химическая корреляция, хироптические методы (практическое применение). Дисперсия оптического вращения. Круговой дихроизм. Эффект Коттона. Кривые ДОВ и КД. Классификация хромофоров.
6.	<b>Конформации алканов. Stereoхимия S<sub>N</sub>-реакций</b>	Конформация алканов (этан, бутан), моно- и дигалогеналканов. Конформации диастереомеров. Stereoхимия реакций нуклеофильного замещения в ряду алканов, алкилгалогенидов, спиртов.
7.	<b>Stereoхимия реакций получения алкенов и процессов электрофильного присоединения по двойной связи.</b>	Номенклатура алкенов. Устойчивость и взаимопревращения стереоизомерных алкенов. Получение π-диастереомеров. Stereoхимия реакций алкенов (электрофильное присоединение и окисление). Присоединение к алкинам.
8.	<b>Stereoхимия диенов и циклоалканов. Реакции присоединения по тройной связи.</b>	Сопряжённые диены. Диеновый синтез (реакция Дильса-Альдера). Кумулены (аллены, кетенимины). Циклоалканы: циклопропан, циклобутан, циклопентан, циклогептан. Высшие циклы. Реакции циклизации, эффект Торпа-Ингольда. Получение алкинов, нуклеофильное и электрофильное присоединение по тройной связи.
9.	<b>Циклогексан и его производные</b>	Циклогексан. Циклоалкены и циклоалкины. Замещённые циклоалканы. Stereoхимические особенности протекания реакций в шестичленных циклах.
10.	<b>Stereoхимия реакций присоединения по карбонильной группе</b>	Циклогексаноны и их реакции. Синтезы на основе карбонильных соединений. Гидриндан. Декалин. Правило Крама, Фелкина-Она.
11.	<b>Пространственное строение</b>	Stereoхимия мостиковых, конденсированных и

	<b>мостиковых и каркасных систем</b>	каркасных циклических систем. Пропелланы, ротаксаны, катенаны, ленты Мёбиуса.
12.	<b>Особенности конформации насыщенных кислородсодержащих гетероциклов</b>	Кислородсодержащие гетероциклы с одним и двумя атомами кислорода. Оптически активные соединения азота. Моносахариды. Пространственное строение.
13.	<b>Цикло-цепная таутомерия в моно- и дисахаридах</b>	Цикло-цепная таутомерия. Дисахариды, мутаротация.
14.	<b>Конформация, получение и реакционная способность производных с кратной связью C=N. Насыщенные азотсодержащие гетероциклы</b>	Азотсодержащие гетероциклы. Пиперидин и его производные. Декагидрохиолин. Соединения со связью C=N (N=N): оксимы, гидразины, азометины, диазосоединения. Конформация амидов и их аналоги.
15.	<b>Стереохимические особенности в ряду аренов</b>	Конформация ароматических соединений. Оптически активные соединения типа бифенила. Атропоизомерия. Циклофаны и анса-соединения. Гелицены. Металлоцены. Молекулярные пропеллеры. Спираны.
16.	<b>Асимметрический синтез и катализ. Подходы к энантио- и диастереоселективному синтезу.</b>	Асимметрический синтез. Синтезы на базе хиральных исходных. Асимметрический катализ. Синтезы в хиральных средах. Примеры энантио- и диастереоселективного синтеза. Реакции Виттига. Электроциклические реакции. Правила Болдуина. Иодолактонизация.

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
1.	Введение. Основные понятия стереохимии.	1				2	3
2.	Хироптические явления и их структурные предпосылки	1				4	5
3.	Рацематы	1				4	5
4.	Номенклатура пространственных изомеров	1		2		6	9
5.	Методы определения конфигурации асимметрических центров. Хироптические методы.	1		2		2	5
6.	Конформации алканов. Стереохимия S <sub>N</sub> -реакций	1		2		2	5
7.	Стереохимия реакций получения алкенов и процессов электрофильного присоединения по	1		2		4	7

	двойной связи.						
8.	Стереохимия диенов и циклоалканов. Реакции присоединения по тройной связи.	1				4	5
9.	Циклогексан и его производные	2		2		4	8
10.	Стереохимия реакций присоединения по карбонильной группе	2		2		4	8
11.	Пространственное строение мостиковых и каркасных систем	2				2	4
12.	Особенности конформации насыщенных кислородсодержащих гетероциклов	2				4	6
13.	Цикло-цепная таутомерия в моно- и дисахаридах	2		4		4	10
14.	Конформация, получение и реакционная способность производных с кратной связью C=N. Насыщенные азотсодержащие гетероциклы	2				2	4
15.	Стереохимические особенности в ряду аренов	2		4		2	8
16.	Асимметрический синтез и катализ. Подходы к энантио- и диастереоселективному синтезу.	2		4		10	16
	Всего	24		24		60	108

## 6. Лабораторный практикум

На лабораторных занятиях студенты осваивают практические методы синтеза, разделения, очистки и идентификации оптически активных соединений. Получают навыки работы с современными приборами (фотополяриметры, ЯМР спектрометры, монокристалльный дифрактометр РСА), используемыми для анализа энантиомеров. На протяжении обучения предусмотрено 9 лабораторных работ по наиболее значимым разделам дисциплины.

п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1	4	Номенклатура пространственных изомеров	2
2	5	Конформации алканов. Стереохимия S <sub>N</sub> -реакций	2
3	6	Стереохимия реакций присоединения к алкенам	2
4	7	Конформации циклических систем	2
5	9	Стереохимия реакций циклических систем	2
6	10	Нуклеофильное присоединение по карбонильной группе	2
7	13	Муторотация и инверсия сахаров	4
8	15	Разделение хиральных бифенилов	4
9	16	Асимметрический синтез	4
	<b>Итого</b>		24

**7. Практические занятия (семинары) - не предусмотрены учебным планом**

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

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

ул. Орджоникидзе, д.3, корп. 2

Учебная лаборатория для проведения групповых занятий лабораторного типа, индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы, лаборатория большого практикума по органической химии:

ауд.№ 623 Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: шкаф вытяжной ШВП-4, шкаф вытяжной ШВП-2, испаритель ротационный Hei-value digital G3B, испаритель ротационный ИКА, цифровые приборы для определения точки плавления SMP10; весы электронные лабораторные AND EK-610, колбонагреватели МК-М разного объема, шкаф сушильный ПЭ-4610, мешалка магнитная MRHei-Mix S, мешалка магнитная с нагревом MRHei-Standard, рефрактометр, баня комбинированная лабораторная БКЛ, станция вакуумная химическая PC3001 VARIO-pro, охладитель циркуляционный Rotacool Mini, насос пластинчато-роторный вакуумный RZ2.5, насос мембранный вакуумный химический MZ2CNT, термовоздуходувка Steinel, УФ лампа Spectroline EB-280C, контроллер вакуумный электронный с клапаном CVC3000 detect Vacuumbrand, кабина аварийная из нержавеющей стали ШВВ, химическая посуда, холодильник; имеется wi-fi

Для визуализации изучаемых структур студентам выдаются наборы молекулярных моделей Дрейдinга и Стюарта-Бриглеба. Для изучения хироптических свойств соединений используются портативный сахариметр, фотополяриметр и рефрактометры Аббе. Для исследования образцов методом ИК и ЯМР спектроскопии используются приборы Научно-образовательного центра коллективного пользования РУДН:



<http://www.rudn.ru/index.php?pagec=5972> , а также ЦКП ФХИ РУДН: <http://fizmat-rudn.ru/ckp-fhi>. Лабораторные работы проводятся в учебных лабораториях кафедры органической химии РУДН, которые оснащены в соответствии с научными задачами. Имеются все реактивы и оборудование, необходимые для синтеза, разделения и анализа оптически активных соединений.

## 9. Информационное обеспечение дисциплины:

### а) программное обеспечение

Программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions № 86626883 (продлевается каждый год, при этом программе присваивается новый номер), ISIS Draw. Интернет поисковики FireFox и Opera Доступ к базам научных данных Medline, Pubmed, Scopus.

### 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=N1cZ3JYEC1UJdm14VTK&preferencesSaved=](http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=N1cZ3JYEC1UJdm14VTK&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>
- Методические материалы на сайте ТУИС (рабочая программы курса, лекционные материалы, методическое обеспечение лабораторных занятий, материалы для подготовки к аттестационным испытаниям).

## 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. “Стереохимия”, изд. “Химия”, Москва, 1988 г.
2. Ногради М. “Стереохимия”. 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. “Стереохимия 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.**

Условия и критерии выставления оценок: от студентов требуется посещение лекций, обязательное участие в аттестационно-тестовых испытаниях, выполнение заданий преподавателя. Для оценки текущих контрольных работ и итогового контроля применяется балльно-рейтинговая система оценки знаний. Для проверки усвоения теоретических знаний, полученных в процессе конспектирования лекций, студенты выполняют письменный итоговый контроль.

### *Лекции:*

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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.

### *Подготовка к промежуточной аттестации*

При подготовке к итоговому контролю необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

### *Правила оформления работы в лабораторном журнале.*

**ФОРМА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕГО ЖУРНАЛА СТУДЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО В ЛАБОРАТОРИИ ПО КУРСУ СТЕРЕОХИМИЯ.**

## Лабораторная работа №

Название работы:

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

- Для записи отчетов о выполнении лабораторных работ необходимо завести рабочий журнал, на котором должны быть указаны фамилия учащегося и номер группы.
- В описании лабораторной работы должны быть указаны дата выполнения работы, ее название и цель, а также источник информации из которого взята методика. В конце эксперимента следует сделать вывод, в котором, помимо прочего, отмечается успешность выполнения поставленной задачи и достижения цели.
- Все операции и наблюдения, сделанные в ходе лабораторной работы, сразу же записываются в журнал. Необходимо отмечать изменение всех наблюдаемых характеристик исследуемых систем (агрегатного состояния, температуры, цвета, прозрачности, вязкости и т. д.). Обычно результаты представляются в виде таблицы (приведена выше).
- Техника безопасности: инструктаж на рабочем месте, запрещается работа в лабораториях без резиновых перчаток, защитных очков и халата, а также нахождение в лаборатории без преподавателя.
- Записи в рабочем журнале рекомендуется вести на правой странице тетради, оставляя левую страницу для черновых вычислений, схем приборов, обсуждения механизмов реакций с преподавателем и других вопросов.

### **Правила выполнения письменных работ (контрольных тестовых работ).**

Для проверки усвоения теоретических знаний и выполнения лабораторных работ, студенты выполняют письменные контрольные работы.

- Контрольные работы выполняются на листах формата А4, на которых указаны название дисциплины, фамилия и инициалы студента, специальность, курс, номер контрольной работы, вариант задания, дата.
- Контрольные работы выполняются чернилами черного, синего или фиолетового цвета. Условия задач переписывать не нужно.
- На контрольных разрешается использовать любые источники информации. В ходе написания работы студентам запрещается разговаривать.

Студенты, набравшие по контрольной менее половины из возможного количества баллов, могут единожды переписать работу. Баллы, полученные прежде, аннулируются.

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

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Стереохимия» (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**  
профессор,  
кафедры органической химии



Варламов А. В.

**Заведующий кафедрой**  
органической химии



Воскресенский Л. Г.