

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Талорский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
Сtereoхимия Б1.В.ДВ.2

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Химия супрамолекулярных нано- и биосистем

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Стойков И.И.

**Рецензент(ы):**

Антипин И.С.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Антипин И. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 7135917

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Стойков И.И. Кафедра органической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Ivan.Stoikov@mail.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Стереохимия" является подготовка к научно-исследовательской и педагогической деятельности для решения задач, стоящих перед современной органической химией. В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы представления о современных концепциях пространственного строения органических соединений.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.2 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.04.01 Химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина "Стереохимия" относится к вариативной части учебного цикла Б "Профессиональные (специальные) дисциплины" профиля "Химия супрамолекулярных нано- и биосистем" (курсы по выбору студентов). Она базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов базовой части. Полученные при освоении дисциплины знания и умения облегчают освоение других курсов по выбору вариативной части.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-3 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии

В результате освоения дисциплины студент:

- должен знать:
  - предмет стереохимии;
  - основные положения теории стереохимии;
  - конформационный анализ органических соединений.
- должен уметь:
  - ориентироваться в различных гипотезах и теории конформационного анализа;
- должен владеть:
  - навыками изображения пространственной структуры различных органических молекул
- должен демонстрировать способность и готовность:
  - применять полученные знания на практике

**4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

**4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю****Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Предмет стереохимии. Исторический фон и рождение стереохимии.	3	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Способы изображения трехмерных молекул на плоскости.	3	2,3	0	4	0	
3.	Тема 3. Симметрия, элементы симметрии, симметрия в природе.	3	4	2	0	0	Контрольная работа
4.	Тема 4. Определение конфигурации, гомо- и гетерохиральность, относительная и абсолютная конфигурации.	3	5-7	2	4	0	
5.	Тема 5. Классификация методов контроля энантиомерного состава: интактные и дериватирующие методы.	3	8	0	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Исторические предпосылки возникновения конформационного анализа: постулат Вант-Гоффа; гипотезы Бишофа и эксперимент Мидзусимы, дискуссия Байера и Заксе, выводы и доказательства Мора.	3	9	0	2	0	
7.	Тема 7. Потенциальная поверхность, приведение многомерной поверхности к трехмерной поверхности или двумерной кривой.	3	10,11	2	2	0	
8.	Тема 8. Описание конформационных взаимоотношений в сложных случаях ? конформационный граф.	3	12	0	2	0	
8.	Тема 8. Стабильные формы циклогексанового кольца. Конформационно-гибкие формы и псевдопревращение.	3	13	2	2	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	Зачет
	Итого			10	18	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Предмет стереохимии. Исторический фон и рождение стереохимии.

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Предмет стереохимии. Исторический фон и рождение стереохимии. Плоскополяризованный свет и его взаимодействие с веществом. Пастер и разделение виноградной кислоты на оптически активные компоненты. Изомерия молочных кислот и вывод Вислиценуса. Гипотеза Вант Гоффа и Ле Беля. Тетраэдрический атом углерода. ?Лестница? различий молекулярных объектов. Граф как математическая модель связности молекулы, гомоморфные графы. Скалярные и векторные различия между молекулярными объектами: геометрическая изомерия, хиральность и энантиомерия. Топологически изотопные структуры, топологическая изомерия, статистическая и темплатная стратегия синтеза [n] катенанов. Неплоские графы и топологическая хиральность.

## **Тема 2. Способы изображения трехмерных молекул на плоскости.**

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Способы изображения трехмерных молекул на плоскости, ?летающие клинья? и проекции Фишера. Система Кана-Ингольда-Прелога. R,S-номенклатура. Соединения с несколькими хиральными центрами, диастереомеры, эритро и treo-изомеры. Внутримолекулярная симметрия, мезо-формы. Псевдохиральные стереоогенные центры. Описание относительной конфигурации заместителей в циклических молекулах.

## **Тема 3. Симметрия, элементы симметрии, симметрия в природе.**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Симметрия, элементы симметрии, симметрия в природе. Понятие о точечных группах симметрии. Основные группы симметрии органических молекул. Ось хиральности. Плоскость хиральности. Спиральная хиральность. Особенность стереоизомерии в соединениях с пяти- и шестикоординированными центрами. Энантиочистые, скалемические образцы и рацемические смеси. Рацемические соединения, конгломераты, твердые растворы.

## **Тема 4. Определение конфигурации, гомо- и гетерохиральность, относительная и абсолютная конфигурации.**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Определение конфигурации, гомо- и гетерохиральность, относительная и абсолютная конфигурация. Конфигурационные ряды, D- и L-, d- и ?l-, (+),(-) обозначения конфигураций. Определение относительной конфигурации: химическая корреляция, метод квазирацематов, эффект Коттона, аддитивный расчет оптического вращения по Брюстеру, метод Оро. Определение абсолютной конфигурации методом Бийво (анализ интенсивностей аномального рассеяния рентгеновский лучей). Представление о неэмпирических расчетах хироптических характеристик, как методе определения абсолютной конфигурации.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Определение конфигурации, гомо- и гетерохиральность, относительная и абсолютная конфигурация. Конфигурационные ряды, D- и L-, d- и ?l-, (+),(-) обозначения конфигураций. Определение относительной конфигурации: химическая корреляция, метод квазирацематов, эффект Коттона, аддитивный расчет оптического вращения по Брюстеру, метод Оро. Определение абсолютной конфигурации методом Бийво (анализ интенсивностей аномального рассеяния рентгеновский лучей). Представление о неэмпирических расчетах хироптических характеристик, как методе определения абсолютной конфигурации.

## **Тема 5. Классификация методов контроля энантиомерного состава: интактные и дериватирующие методы.**

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Классификация методов контроля энантиомерного состава: интактные и дериватирующие. Поляриметрия. Единицы количественной оценки энантиомерного состава: оптическая чистота и энантиомерный избыток. Варианты применения хроматографии и ЯМР для контроля энантиомерного состава. Дериватирующие реагенты, в том числе и фосфорорганические. Контроль энантиомерного состава с использованием ?принципа удвоения? Оро.

## **Тема 6. Исторические предпосылки возникновения конформационного анализа: постулат Вант-Гоффа; гипотезы Бишофа и эксперимент Мидзусимы, дискуссия Байера и Заксе, выводы и доказательство Мора.**

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Исторические предпосылки возникновения конформационного анализа: постулат Вант-Гоффа; гипотезы Бишофа и эксперимент Мидзусимы, дискуссия Байера и Заксе, выводы и доказательство Мора. Роль работ Бартона в становлении современного конформационного анализа. Б.А.Арбузов и конформационный анализ в России и в Казани. Конформеры и конформации. Методы изображения. Барьер Внутреннего вращения. Механическая модель молекулы и расчеты по методу молекулярной механики.

## **Тема 7. Потенциальная поверхность, приведение многомерной поверхности к трехмерной поверхности или двумерной кривой.**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Потенциальная поверхность, приведение многомерной поверхности к трехмерной поверхности или двумерной кривой. Топология ППЭ и колебательные уровни, безбарьерные переходы и число экспериментально различимых конформаций. Термодинамика конформационного равновесия. Распределение конформеров между конформациями. Примеры влияния внутримолекулярных взаимодействий (водородные связи, орбитальные взаимодействия) на положение конформационного равновесия. Внутреннее вращение вокруг связей С-С.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Потенциальная поверхность, приведение многомерной поверхности к трехмерной поверхности или двумерной кривой. Топология ППЭ и колебательные уровни, безбарьерные переходы и число экспериментально различимых конформаций. Термодинамика конформационного равновесия. Распределение конформеров между конформациями. Примеры влияния внутримолекулярных взаимодействий (водородные связи, орбитальные взаимодействия) на положение конформационного равновесия. Внутреннее вращение вокруг связей С-С.

**Тема 8. Стабильные формы циклогексанового кольца. Конформационно-гибкие формы и псевдопревращение.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Стабильные формы циклогексанового кольца. Конформационно-гибкие формы и псевдопревращение. Параметры конформационного равновесия для циклогексана. Аксиальные и экваториальные заместители. 1,3-диаксиальные взаимодействия. Относительная стабильность стероидов и гексапираноз. Конформации четырех и пятичленных циклов. Особенности конформационного анализа циклов большого размера, влияние планарных фрагментов, трансаннулярные взаимодействия.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Стабильные формы циклогексанового кольца. Конформационно-гибкие формы и псевдопревращение. Параметры конформационного равновесия для циклогексана. Аксиальные и экваториальные заместители. 1,3-диаксиальные взаимодействия. Относительная стабильность стероидов и гексапираноз. Конформации четырех и пятичленных циклов. Особенности конформационного анализа циклов большого размера, влияние планарных фрагментов, трансаннулярные взаимодействия.

**Тема 8. Описание конформационных взаимоотношений в сложных случаях ? конформационный граф.**

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Описание конформационных взаимоотношений в сложных случаях ? конформационный граф. Топные отношения групп и сторон. Кинетика конформационных переходов и методы ее исследования. Конформационное равновесие и реакционная способность, уравнение Уинштейна-Холлесса, принцип Кертвина-Гаммета.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Предмет стереохимии. Исторический фон и рождение стереохимии.	3	1	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Способы изображения трехмерных молекул на плоскости.	3	2,3	подготовка к устному опросу	8	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Симметрия, элементы симметрии, симметрия в природе.	3	4	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
4.	Тема 4. Определение конфигурации, гомо- и гетерохиральность, относительная и абсолютная конфигурации.	3	5-7	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
5.	Тема 5. Классификация методов контроля энантиомерного состава: интактные и дериватирующие методы.	3	8	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
6.	Тема 6. Исторические предпосылки возникновения конформационного анализа: постулат Вант-Гоффа; гипотезы Бишофа и эксперимент Мидзусимы, дискуссия Байера и Заксе, выводы и доказательства Мора.	3	9	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Потенциальная поверхность, приведение многомерной поверхности к трехмерной поверхности или двумерной кривой.	3	10,11	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
8.	Тема 8. Стабильные формы циклогексанового кольца. Конформационно-гибкие формы и псевдопревращение.	3	13	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
8.	Тема 8. Описание конформационных взаимоотношений в сложных случаях ? конформационный граф.	3	12	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
	Итого				44	



## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

- компьютерные презентации лекций;
- круглый стол (case study) по разделу 3 "Симметрия в природе".

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Предмет стереохимии. Исторический фон и рождение стереохимии.

устный опрос , примерные вопросы:

Стереохимические особенности атома углерода. Стереохимические явления. Асимметрия и хиральность. Элементы хиральности ? центр, ось, плоскость, спиральность. Хиральность макроциклических молекул. Конфигурация и конформация. Энантиотопия и диастереотопия.

### Тема 2. Способы изображения трехмерных молекул на плоскости.

устный опрос , примерные вопросы:

Конформации. Конформеры. Проекционные формулы ? перспективные, боковые, Ньюмена. Номенклатура конформеров. Энергетика конформационных превращений. Конформации алканов, моно- и дигалогеналканов, алкенов и сопряженных диенов, аренов, производных бифенила, неароматических гетероциклов. Атропоизомерия. Конформации и физические свойства ? дипольные моменты, ИК, ЯМР спектры, рентгеноструктурный анализ.

### Тема 3. Симметрия, элементы симметрии, симметрия в природе.

контрольная работа , примерные вопросы:

Стереохимия органических соединений. Основные понятия. Билет ♦ 1. 1. Дайте определение следующим терминам: 1) конституция, 2) конфигурация, 3) конформация, 4) ассиметрический атом углерода, 5) асимметрия, 6) диссимметрия, 7) оптическая изомерия, 8) рацемат, 9) стереоизомеры, 10) энантиомеры, 11) диастериомеры, 12) мезоформа. 2. Перечислите методы разделения рацемических смесей. Приведите пример пары энантиомеров природных соединений. 3. Укажите, являются ли приведенные ниже пары соединений энантиомерами или диастереомерами: а) (+) и (?) винные кислоты; б) (?) винная и мезовинная кислоты; в) цис- и транс-1,2-дихлорэтилены  $C_1CH = CHC_1$ ; г) (+)- и (?) - цис-3-метилциклогексанола; д) цис ? и транс ? 3-метилциклогексанола; е) кристаллическая (?) винная кислота и кристаллическая рацемическая винная кислота. 4. Стереохимия органических соединений. Основные понятия. Билет ♦ 2 1. Дайте определение следующим терминам: 1) конституция, 2) конфигурация, 3) конформация, 4) ассиметрический атом углерода, 5) асимметрия, 6) диссимметрия, 7) оптическая изомерия, 8) рацемат, 9) стереоизомеры, 10) энантиомеры, 11) диастериомеры, 12) мезоформа. 2. Перечислите методы разделения рацемических смесей. Приведите пример пары энантиомеров природных соединений. 3. Отличаются ли диастереомеры по: а) температуре кипения; б) температуре плавления; в) ИК-спектрам; г) ЯМР-спектрам; д) УФ-спектрам; е) оптическому вращению; ж) дисперсии оптического вращения; з) показателю преломления; и) дипольным моментам; к) реакционной способности по отношению к таким хиральным химическим; реагентам, как ферменты. Ответ проиллюстрируйте конкретными примерами. Билет ♦ 3 1. Дайте определение следующим терминам: 1) конституция, 2) конфигурация, 3) конформация, 4) ассиметрический атом углерода, 5) асимметрия, 6) диссимметрия, 7) оптическая изомерия, 8) рацемат, 9) стереоизомеры, 10) энантиомеры, 11) диастериомеры, 12) мезоформа. 2. Перечислите методы разделения рацемических смесей. Приведите пример пары энантиомеров природных соединений. 3. Возможно ли для соединений с одинаковым строением: а) существование одних только энантиомеров, но не диастереомеров; б) существование только диастереомеров, но не энантиомеров; в) существование как энантиомеров, так и диастереомеров. Приведите примеры.

### Тема 4. Определение конфигурации, гомо- и гетерохиральность, относительная и абсолютная конфигурации.

устный опрос , примерные вопросы:

Диастереомерия.  $\square$ -Диастереомеры. Номенклатура. Определение конфигурации  $\square$ -диастереомеров. Эпимеризация. Мутаротация.  $\square$ -Диастереомеры. Номенклатура. Определение конфигурации: физические методы (дипольные моменты, УФ, ИК, ЯМР спектроскопия), метод циклизации, метод химической корреляции.

### **Тема 5. Классификация методов контроля энантиомерного состава: интактные и дериватирующие методы.**

устный опрос , примерные вопросы:

Получение стереоизомеров. Энантиомерная чистота, оптическая чистота. Методы получения энантиомеров: синтеза на основе природных оптически активных веществ, расщепление рацематов ? механический метод, расщепление через диастереомеры и молекулярные соединения, хроматографические методы разделения, ферментативное расщепление. Рацемизация: термическая, через стадию образования ионов, через стадию образования стабильных неактивных соединений. Асимметрический синтез ? на основе карбонильных соединений, присоединение по С=С связям, синтеза с хиральных средах, синтез  $\square$ -аминокислот. Закономерности асимметрического синтеза ? правила Прелога и Крама. Асимметрический катализ. Получение  $\square$ -диастереомеров: присоединение по С $\square$ С связи, реакции 1,2-отщепления. Взаимные превращения  $\square$ -диастереомеров.

### **Тема 6. Исторические предпосылки возникновения конформационного анализа: постулат Вант-Гоффа; гипотезы Бишофа и эксперимент Мидзусимы, дискуссия Байера и Заксе, выводы и доказательства Мора.**

устный опрос , примерные вопросы:

Динамическая стереохимия. Стереоспецифичные и стереоселективные реакции. Стереохимия реакций: нуклеофильного замещения в ряду алканов, реакций алкенов, стереохимия диенового синтеза, реакций аренов. Стереорегулярная полимеризация. Стереохимия биохимических реакций.

### **Тема 7. Потенциальная поверхность, приведение многомерной поверхности к трехмерной поверхности или двумерной кривой.**

устный опрос , примерные вопросы:

Стереохимия неуглеродных элементов . Атомы кремния, олова, азота, серы в качестве хиральных центров. Пространственное строение атома азота. Стереохимия оксимов, азометинов, азосоединений, амидов.

### **Тема 8. Описание конформационных взаимоотношений в сложных случаях ? конформационный граф.**

устный опрос , примерные вопросы:

Стереохимия природных объектов. Роль и возникновение оптически активных веществ в природе. Стереохимия углеводов, белков, нуклеиновых кислот, витаминов, гормонов.

### **Тема 8. Стабильные формы циклогексанового кольца. Конформационно-гибкие формы и псевдопревращение.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Вариант 1 1. Можно ли расщепить на оптические антиподы транс-1,2-циклогексадиол и цис-1,2-циклогексадиол? Ответ поясните. 2. Гидролиз оптически активного 3-бром-3-метилгексана прошел с потерей оптической активности на 70%. Объясните этот результат. 3. Определите отношение подчеркнутых атомов (эквивалентные, энантиотопные, диастереотопны) в следующих соединениях:  $(\text{CH}_3)\text{C}-\text{CH}_2-\text{Cl}$ ,  $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-\text{C}(\text{CH}_3)_3$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ . 4. Являются ли протоны  $\text{H}_a$  и  $\text{H}_b$  в 3-метил-1-адамантанкарбоновой кислоте энантиотопными: 5. Нарисуйте пять стереоизомеров труксилловой кислоты. Какой из них не является хиральным? Вариант 2 1. Оптически активный гидроксид тетразамещенного аммония  $\text{N}^+(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)(\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5)(\text{C}_6\text{H}_5)$   $\text{OH}^-$  восстанавливают амальгамой натрия до метилэтиланилина (и толуола). Почему исчезает оптическая активность? 2. Нарисуйте пространственные формулы следующих соединений: а) (R)-2-хлорбутана; б) (S)-3-гексанола; в) (S)-1,2-дибромпропана; г) (R)-2,3-диметилпентана; д) (S)-2-хлор-2-бромбутана. На примере этих соединений сравните возможности R,S- и D,L-номенклатур. 3. Какой вывод можно сделать из следующего наблюдения: при стоянии в водном кислом растворе оптически активный 2-гексанол теряет оптическую активность? 4. Предложите методы получения мезо-3,4-дигидроксигексана из цис- и транс-3-гексенов. 5. Являются ли стороны карбонильных групп гомотопными, энантиотопными или диастереотопными для следующих соединений:

### Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Контрольные вопросы к самостоятельной работе студентов

1. Укажите, являются ли приведенные ниже пары соединений энантиомерами или диастереомерами:

- а) (+) и (-) винные кислоты
- б) (-) винная и мезовинная кислоты
- в) цис- и транс-1,2-дихлорэтилены  $\text{C}_1\text{CH} = \text{CHC}_1$
- г) (+)- и (-)-цис-3-метилциклогексанолы
- д) цис - и транс- 3-метилциклогексанолы
- е) кристаллическая (-) винная кислота и кристаллическая рацемическая винная кислота.

2. Отличаются ли диастереомеры по:

- а) температуре кипения
- б) температуре плавления
- в) ИК-спектрам
- г) ЯМР-спектрам
- д) УФ-спектрам
- е) оптическому вращению
- ж) дисперсии оптического вращения
- з) показателю преломления
- и) дипольным моментам
- к) реакционной способности по отношению к таким хиральным химическим реагентам, как ферменты

Ответ проиллюстрируйте конкретными примерами.

3. Возможно ли для соединений с одинаковым строением:

- а) существование одних только энантиомеров, но не диастереомеров,
- б) существование только диастереомеров, но не энантиомеров
- в) существование как энантиомеров, так и диастереомеров

Приведите примеры.

4. В литературе часто употребляется термин цис- транс- изомерия

(или геометрическая изомерия). Соответствует ли этот термин понятию энантиомерии или диастереомерии?

Ответ проиллюстрируйте примерами с указанием свойств соединений.

5. Можно ли говорить о рацемической молекуле? Объясните, что такое рацемическая смесь на основе какого-либо примера.

6. Сколько стереоизомеров, т.е. d,1-пар (половина от числа энантиомеров), мезо или неактивных изомеров, возможно для следующих соединений:

- а) эфедрин  $C_6H_5-CH(OH)-CH(NHCH_3)-CH_3$
- б) альдопентоза  $CH_2OH-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CHO$
- в) гидробензоин  $C_6H_5CH(OH)CH(OH)C_6H_5$
- г)  $CH_3CHC_1CHC_1CHC_1CH_3$
- д) 4-метилциклогексанол

7. Приведите проекционные формулы Фишера для следующих соединений:

- а) R-молочная кислота (2-оксипропионовая кислота)
- б) S - аланин (2-аминопропионовая кислота)
- в) R- метилфенилкарбинол
- г) S - этанол-1-d
- д) R-  $C_6H_5CH(OH)C_6H_5$
- е) R,R - винная кислота
- ж) S-3-метилпентен-1
- з) R,R - циклогександиол -1,3

5. Дайте определения терминам "строение" и "конфигурация". Чем отличаются приводимые ниже соединения - строением или конфигурацией:

- а) молочная кислота  $CH_3CH(OH)COOH$  (вращение не указано) и  $\beta$ -оксипропионовая кислота  $HOCH_2CH_2COOH$
- б) (+) и (-)-молочные кислоты
- в) (-)-молочная и  $\beta$ -оксипропионовая кислоты
- г) 3- и 4-метилциклогексанола
- д) цис- и транс-3-метилциклогексанола
- е) (+) и (-)-цис-3-метилциклогексанола
- ж) 1-хлорпропен  $C_1CH = CH-CH_3$ , 2-хлорпропен  $CH_2 = CC_1CH_3$

9. Что такое стереоизомеры? Имеют ли они различное строение или нет?

Проиллюстрируйте ответ конкретными примерами.

10. Укажите конфигурацию (R или S) следующих соединений:

11. Возможна ли цис- транс- изомерия для следующих соединений:

- а)  $C_1CH = CHC_1$  д)  $(CH_3)_2C = CH-CH_3$
- б)  $HOOC-CH = CH-COOH$  е)  $CHC_1 = C = CHC_1$
- в) ангидрид кислоты "б" ж)  $CH_3CH = C = C = CH-CH_3$
- г)  $CH_3CH = CHC_1$  з)  $CH_3 = C = C = CH_2$

12. В изображенных структурах подчеркните одной чертой гомотопные

(эквивалентные), двумя - энантиотопные, тремя - диастереотопные атомы водорода:

- а)  $HOOC-CH_2-CH_2-COOH$  б)  $HOOC-CH_2-COOH$
- в)  $HOOC-CH_2-CH(CH_3)-COOH$  г)  $CH_3CH_2COOH$
- д)  $C_6H_5-CH_2-CH(OH)-CH_3$  е)  $HOOC-CH_2-COOC_1H_3$

13. Укажите, являются ли стороны двойной связи ( $C=O$  или  $C=C$ ) в приведенных ниже соединениях эквивалентными ("гомотопными"), энантиотопными или диастереотопными:

- а)  $C_6H_5CH=O$  б)  $CH_3COCH_3$  в)  $CH_3COCH(CH_3)C_2H_5$

г)  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{CH}_3$  д) малеиновая кислота е) фумаровая кислота.

Вопросы к экзамену

Билет ♦ 1.

1. Изомерия молочных кислот и вывод Вислиценуса. Гипотеза Вант Гоффа и Ле Беля.
2. Спиральная хиральность. Особенность стереоизомерии в соединениях с пяти- и шестикоординированными центрами.

Билет ♦ 2

1. Граф как математическая модель связности молекулы, гомоморфные графы. Скалярные и векторные различия между молекулярными объектами: геометрическая изомерия, хиральность и энантиомерия.
2. Определение конфигурации, гомо- и гетерохиральность, относительная и абсолютная конфигурация.

Билет ♦ 3

1. Топологически изотопные структуры, топологическая изомерия, статистическая и темплатная стратегия синтеза [n] катенанов.
2. Конформеры и конформации. Методы изображения. Барьер внутреннего вращения.

Билет ♦ 4

1. Система Кана-Ингольда-Прелога. R,S-номенклатура.
2. Единицы количественной оценки энантиомерного состава: оптическая чистота и энантиомерный избыток. Классификация методов контроля энантиомерного состава: интактные и дериватирующие методы.

Билет ♦ 5

1. Конформации четырех и пятичленных циклов.
2. Конфигурационные ряды, D- и L-, d- и l-, (+), (-) обозначения конфигураций.

Билет ♦ 6

1. Механическая модель молекулы и расчеты по методу молекулярной механики.
2. Неплоские графы и топологическая хиральность.

Билет ♦ 7

1. Потенциальная поверхность, приведение многомерной поверхности к трехмерной поверхности или двумерной кривой. Топология ППЭ.
2. Постулат Вант Гоффа; гипотезы Бишофа.

Билет ♦ 8

1. Соединения с несколькими хиральными центрами, диастереомеры, эритро- и treo-изомеры. Внутримолекулярная симметрия, мезо-формы.
2. Влияние внутримолекулярных взаимодействий (водородные связи, орбитальные взаимодействия) на положение конформационного равновесия.

Билет ♦ 10

1. Конформационное равновесие и реакционная способность, уравнение Уинстейна-Холнесса, принцип Кертвина-Гаммета.
2. Предмет стереохимии.

Билет ♦ 11

1. Стабильные формы циклогексанового кольца. Конформационно-гибкие формы и псевдопревращение. Параметры конформационного равновесия для циклогексана.
2. Конформационный анализ в России и в Казани.

Билет ♦ 12

1. Представление о неэмпирических расчетах хироптических характеристик.
2. Псевдохиральные стереогенные центры. Описание относительной конфигурации заместителей в циклических молекулах.

### 7.1. Основная литература:

1. Реутов, О.А. Органическая химия : в 4 ч. Ч. 4. [Электронный ресурс] / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. ? Электрон. дан. ? М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2016. ? 729 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/84139> ? Загл. с экрана.
2. Реутов, О.А. Органическая химия. В 4 частях. Часть 1. [Электронный ресурс] / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. ? Электрон. дан. ? М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. ? 570 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66361> ? Загл. с экрана.
3. Реутов, О.А. Органическая химия. В 4 частях. Часть 2. [Электронный ресурс] / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. ? Электрон. дан. ? М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. ? 626 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66362> ? Загл. с экрана.
4. Реутов, О.А. Органическая химия. В 4 частях. Часть 3. [Электронный ресурс] / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. ? Электрон. дан. ? М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. ? 547 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66363> ? Загл. с экрана.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Резников, В.А. Сборник задач и упражнений по органической химии. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2014. ? 288 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/44763> ? Загл. с экрана.
2. Стереохимия : учебное пособие для студентов химических специальностей университетов / В. М. Потапов .? Издание 2-е, переработанное .? Москва : Химия, 1988 .? 463с. : ил.
3. Стереохимия : Основные понятия и приложения : Пер. с англ. / М. Ногради ; Пер. В. А. Никаноров .? М. : Мир, 1984 .? 391с. ? Библиогр.: с.355-378.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

eLIBRARY.RU - [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)  
scopus.com - [www.scopus.com](http://www.scopus.com)  
[www.chem.msu.su](http://www.chem.msu.su) - [www.chem.msu.su](http://www.chem.msu.su)  
[www.chemnet.ru](http://www.chemnet.ru) - [www.chemnet.ru](http://www.chemnet.ru)  
Википедия - <https://ru.wikipedia.org/wiki/Стереохимия>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Стереохимия" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Мультимедийная аудитория

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 04.04.01 "Химия" и магистерской программе Химия супрамолекулярных нано- и биосистем .

Автор(ы):

Стойков И.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Антипин И.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.