



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

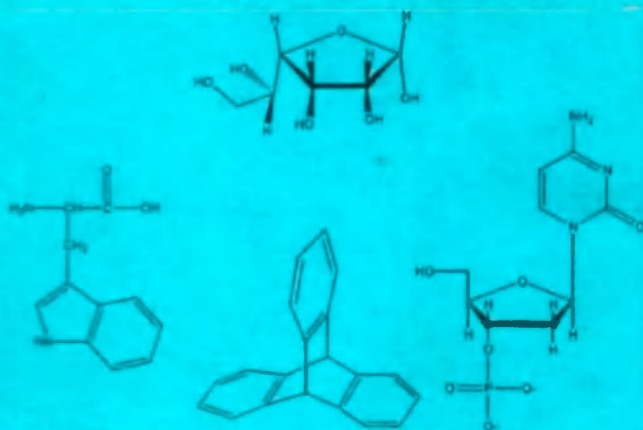
Кафедра химии

Л.М. Слепнева

74

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебно-методическое пособие



Минск 2005

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра химии

Л.М. Слепнева

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебно-методическое пособие

Минск 2005

УДК 547 (075.8)
ББК 24.2 я 7
С 47

Рецензенты:

В.Н. Пшеничный, д-р хим. наук, БГПУ им. М. Танка;
С.В. Дорожко, канд. техн. наук, зав. кафедрой экологии БНТУ

С 47 **Слепнёва Л.М.**
Органическая химия: Учебно-метод. пособие / Л.М. Слепнёва. – Мн.: БНТУ, 2005. – 83 с.; вкл.

ISBN 985-479-199-8.

Учебно-методическое пособие по органической химии предназначено для студентов-заочников инженерных специальностей. В программе значительное место отведено вопросам, связанным с охраной окружающей среды, поэтому оно может быть также использовано как учебно-методическое пособие для студентов-инженеров экологического профиля.

УДК 547 (075.8)
ББК 24.2 я 7

ISBN 985-479-199-8

© Л.М. Слепнёва, 2005

Введение

Программа курса разделена на два основных раздела: общие вопросы органической химии и химические свойства основных классов органических соединений.

Раздел 1. Общие вопросы органической химии

1. Формулы в органической химии (эмпирические, молекулярные, структурные). Разновидности структурных формул: полные и сокращенные структурные формулы, пространственные, скелетное написание формул.

2. Функциональные группы. Классификация органических соединений по функциональным группам. Предельные и непредельные углеводороды. Ароматические соединения. Органические соединения с кислородсодержащими функциональными группами: спирты, простые эфиры, фенолы, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, сложные эфиры.

3. Систематическая номенклатура IUPAC, тривиальная, рациональная. Примеры составления названий органических соединений. Номенклатура углеводов. Названия алкильных радикалов. Номенклатура алканов, галогеналканов, алкенов, алкинов, аренов.

4. Номенклатура азотсодержащих органических соединений. Примеры названий соединений с азотсодержащими функциональными группами (амины, амиды, нитросоединения.).

5. Номенклатура серосодержащих органических соединений. Примеры названий соединений с серосодержащими функциональными группами (сульфо кислоты, тиолы, сульфиды).

6. Изомеры и гомологи. Определение, примеры.

7. Структурная изомерия. Примеры структурных изомеров из одного класса соединений и из разных классов.

8. Конформеры. Проекция Ньюмена для конформеров. Конформации циклогексана. Отличие конформеров от изомеров.

9. Геометрические изомеры. Цис-транс и Z,E-обозначения для пространственных геометрических изомеров.

10. Оптическая изомерия и хиральный центр. Проекционные формулы Фишера. Правила преобразования проекционных формул Фишера.

11. Оптические изомеры. Энантиомеры и диастереомеры. R,S-номенклатура оптических изомеров.

12. Структуры Льюиса. Расчет формального заряда на атомах в молекуле.

13. Типы гибридизации атомных орбиталей углерода. σ – и π -связи в органических соединениях. Связь типа гибридизации с пространственным строением молекулы.

14. Классификация органических реакций. Понятия «реагент» и «субстрат». Электрофильные и нуклеофильные реагенты. Обозначения типов реакций по Ингольду.

15. Понятие о механизме реакции. Индуктивные (+I) и (–I)-эффекты заместительных групп, мезомерные (+M) и (–M)-эффекты.

16. Кислоты и основания Льюиса.

Раздел 2. Химические свойства основных классов органических соединений

17. Алканы. Номенклатура. Физические свойства алканов. Природные источники и промышленное получение алканов.

18. Химические свойства алканов (реакции галогенирования, нитрования по Коновалову, сульфохлорирования и сульфокисления, дегидрирования, каталитическое окисление алканов и горение, получение синтез-газа, реакция Вюрца). Механизм реакции галогенирования алканов.

19. Переработка нефти. Пиролиз и крекинг. Бензиновая фракция, октановое число.

20. Загрязнение биосферы отходами нефте- и газоперерабатывающих заводов, продуктами их сгорания. Очистка нефти и природного газа от сернистых соединений.

21. Виды загрязнений городского воздуха. Роль транспорта в загрязнении окружающей среды. Экологические последствия применения этилированного бензина.

22. Галогеналканы, получение. Химические свойства: реакции замещения галогена, проходящие по механизму S_N1 и S_N2 ; реакции элиминирования (дегидрогалогенирования). Токсичность хлорпроизводных углеводородов.

23. Получение из галоидных алкилов различных классов органических веществ. Применение галогеналканов. Фреоны, причины запрещения их производства.

24. Алкены, номенклатура, изомерия (структурная и геометрическая, цис- транс-изомеры, Z,E-изомеры), реакции получения алкенов (дегидрирование алканов, дегидратация спиртов, дегидрогалогенирование галогензамещенных алканов).

25. Алкены, физические свойства. Химические свойства (реакции присоединения, полимеризации). Механизм реакции присоединения. Правило Марковникова. Реакции окисления перманганатом калия, озонлиз. Экологические аспекты.

26. Диеновые углеводороды. Экологические аспекты.

27. Натуральный каучук. Получение синтетического каучука.

28. Алкины. Получение ацетилена (2 реакции). Химические свойства алкинов: реакции присоединения галогеноводородов, воды, карбоновых кислот, циановодорода, спиртов. Реакции окисления. Ацетилениды. Реакции димеризации и тримеризации ацетилена. Экологические аспекты.

29. Бензол и его гомологи. Получение бензола и его гомологов ароматизацией алканов.

30. Механизм реакций электрофильного замещения (S_E) в ароматических соединениях. Примеры реакций электрофильного замещения (галогенирование, нитрование, сульфирование, реакции Фриделя-Крафтса).

31. Реакции присоединения к бензолу (присоединение галогенов, присоединения водорода). Реакции боковой цепи: окисление боковой цепи, радикальное галогенирование.

32. Классификация замещающих групп бензола (электронодонорные и электроноакцепторные, заместители 1 и 2 рода). Правила ориентации в реакциях замещения ароматических соединений.

33. Фенол. Химические свойства гидроксильной группы фенола (кислотные свойства в реакциях со щелочными металлами, со щелочами), образование простых и сложных эфиров. Реакции электрофильного замещения атомов водорода ароматического кольца фенола (нитрование, бромирование).

34. Промышленное применение фенола: образование фенолоформальдегидных пластмасс. Ароматические углеводороды и окружающая среда.

35. Многоядерные ароматические соединения, их канцерогенное действие. Диоксины.

36. Спирты одноатомные. Номенклатура. Промышленное получение метанола и этанола. Химические свойства: реакция с активным

металлом, реакции внутримолекулярной и межмолекулярной дегидратации, горение, окисление, получение галогеналкана). Действие спиртов на организм человека.

37. Спирты многоатомные. Этиленгликоль и глицерин.

38. Простые эфиры. Альдегиды и кетоны: химические свойства.

39. Одноосновные карбоновые кислоты. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства: получение ангидридов, амидов и α -хлорпроизводных карбоновых кислот. Двухосновные карбоновые кислоты. Непредельные карбоновые кислоты. Константа кислотности и pK_a .

40. Ацетатный буферный раствор. Расчет pH буферного раствора.

41. Высшие карбоновые кислоты. Мыла.

42. Сложные эфиры и жиры. Твердые и жидкие жиры.

43. Поверхностно-активные вещества. Синтетические моющие средства на основе органических сульфокислот. Загрязнение окружающей среды ПАВ.

44. Амины. Классификация аминов. Номенклатура. Амины – основания Льюиса. Химические свойства аминов.

45. Ароматические амины, анилин, реакции diazотирования и азосочетания. Азокрасители.

46. Аминокислоты – амфотерные органические соединения. Катионные и анионные формы аминокислот. Изoeлектрическая точка аминокислот.

47. Оптическая изомерия природных аминокислот. Пептиды и пептидная связь. Белки. Гидролиз полипептидов.

48. Основные понятия в химии полимеров. Классификация.

49. Методы синтеза полимеров, реакции полимеризации и поликонденсации.

50. Деструкция полимеров. Виды деструкции.

51. Основные полимерные материалы и их применение. Полиэтилен и полипропилен как примеры стойких загрязнителей природной среды.

52. Углеводы. Классификация (моносахариды, олигосахариды, полисахариды). Оптическая изомерия сахаров (L- и D-ряды). Пространственные формы глюкозы (открытая форма, α - и β -циклические формы).

Учебная литература. Учебника по органической химии, который был бы написан специально для инженеров-экологов, к сожалению, пока нет. Поэтому автор рекомендует пользоваться некоторыми недавно выпущенными и переизданными учебниками [1] и [2], написанными на

современном теоретическом уровне для студентов-биологов. Они необходимы, в первую очередь, для проработки общих вопросов органической химии. Для изучения химических свойств основных классов органических соединений можно использовать более старые учебники [5].

Подготовка к экзамену. Методическое пособие включает 17 тем. К каждой теме приведен перечень вопросов со ссылкой на литературу. Перед решением задач рекомендуется прочитать теоретический материал по рекомендуемым учебникам. В случае их отсутствия возможна замена на другие учебники по органической химии для вузов. Некоторые вопросы, вызывающие наибольшие затруднения у студентов, разбираются автором непосредственно в методическом пособии. После проработки указанных вопросов, следует решить задачи по данной теме. Номера задач для каждого варианта можно найти в таблице в конце методического пособия.

Выполнение контрольной работы. В табл. П2 представлено 30 вариантов выполнения контрольных работ. Если две последние цифры вашего студенческого билета представляют собой число меньше или равное 30, то это число и будет номером вашего варианта. Если две последние цифры студенческого билета больше тридцати то, чтобы определить вариант контрольной работы необходимо от двух последних цифр номера студенческого билета отнимать число 30 несколько раз, пока не получится число меньше или равное тридцати. Это и будет вариант контрольной работы. Например: две последние цифры вашего студенческого билета 98. Тогда $98-30 = 68$; $68-30 = 38$; $38-30 = 8$. Номер вашего варианта 8. Далее по таблице смотрите номера задач, относящиеся к вашему варианту.

Контрольная работа включает 17 тем. Контрольная работа выполняется в отдельной тетради. Условие задачи переписывается полностью, решение следует сразу после условия. Необходимо в тетради оставлять поля для поправок и замечаний рецензента. Структурные формулы в решении задач необходимо писать в полном или сокращенном виде.

Ответы на тестовые вопросы следует давать исчерпывающие, т.е. необходимо проанализировать каждый из четырех предложенных вариантов ответов, выбрать правильные варианты ответов, объяснить, почему они правильные, и также по возможности объяснить, почему вы отвергаете другие варианты ответов как неправильные.

Тема 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Формулы в органической химии (эмпирические, молекулярные, структурные). Разновидности структурных формул: полные и сокращенные структурные формулы, пространственные, скелетное написание формул.

2. Функциональные группы. Классификация органических соединений по функциональным группам. Предельные и непредельные углеводороды. Ароматические соединения. Органические соединения с кислородсодержащими функциональными группами: спирты, простые эфиры, фенолы, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, сложные эфиры.

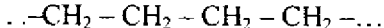
Эмпирические формулы отражают простейшие соотношения атомов в молекуле. Например: количественный элементный анализ показывает, что в 2,8 г этена содержится 2,4 г углерода, что составляет $2,4 / 12 = 0,2$ моль, и 0,4 г водорода, что составляет $0,4 / 1 = 0,4$ моль. Отношение количеств углерода и водорода $C:H = 0,2/0,4 = 1:2$. Следовательно, эмпирическая формула этена CH_2 .

Молекулярная формула показывает число каждого типа атомов в молекуле. Чтобы написать молекулярную формулу, необходимо знать эмпирическую формулу и относительную молекулярную массу. Например, этен имеет эмпирическую формулу CH_2 . Относительная молекулярная масса (M_r) этена, установленная экспериментальными методами, равна 28. Относительная молекулярная масса этена, подсчитанная по эмпирической формуле, равна 14. Следовательно, молекулярная формула этена представляет собой удвоенную эмпирическую формулу, т.е. C_2H_4 .

Подробнее о различного вида формулах вы можете прочитать в следующих литературных источниках: [3] – Бенкс Дж., с. 13-36;

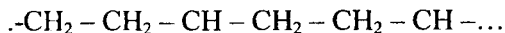
В зависимости от структуры углеродного скелета все органические соединения классифицируются следующим образом.

1. *Ациклические (алифатические) соединения* – скелет составлен из непосредственно связанных атомов углерода в виде неразветвленной (нормальной)





или разветвленной цепи



2. *Карбоциклические соединения* – в их молекулах углеродные атомы замкнуты в цикл.

3. *Гетероциклические соединения* – в молекулах этих соединений в цикл кроме углерода входят атомы других элементов.

В каждом из этих разделов все соединения распределяются по классам, в зависимости от имеющихся в них функциональных групп.

Функциональная группа – это часть молекулы, в которой происходит большая часть химических превращений. Это часть молекулы, которая определяет химические свойства соединений (и многие из физических свойств также).

Для того, чтобы ознакомиться с классификацией органических соединений по функциональному признаку можно ознакомиться с оглавлением почти любого типового учебника по органической химии для вуза, где фактический материал изложен по классам органических соединений. Прочитав начало соответствующих глав или параграфов, студенты могут ознакомиться с функциональными группами данного класса соединений и их характерными особенностями.

Задачи к теме 1

1.1. Напишите полные структурные формулы следующих соединений: о-диэтилбензол, 1,3-диметилбензол, 2,4,6-трибромфенол, м-диметилбензол. К каким классам соединений они принадлежат? Укажите и назовите их функциональные группы.

1.2. Напишите структурные и молекулярные формулы фенола и 3,3-диметилпентанала. К каким классам соединений они принадлежат? Укажите и назовите их функциональные группы. Во втором соединении укажите первичные и четвертичные атомы углерода римскими цифрами.

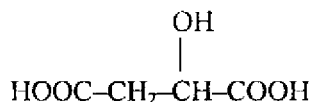
1.3. Напишите структурные и молекулярные формулы следующих соединений: 2-метилпропаналя, пропанона-2, метилэтилкетона, пропанола-1, пропилового эфира муравьиной кислоты. К каким классам соединений они принадлежат? Назовите функциональные группы.

1.4. Напишите структурные и молекулярные формулы следующих соединений: ацетальдегида, трихлоруксусного альдегида, бутанола-2, бутанона-2, 2-метилбутанола-2. К каким классам соединений они принадлежат? Назовите функциональные группы.

1.5. Напишите полные структурные формулы и назовите соединения: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$, $\text{CH}_3\text{CHFCH}_3$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{I}$? К каким классам соединений они принадлежат?

1.6. Напишите формулы разного типа (молекулярная, полная структурная, сокращенная структурная, скелетная схема) для 4-бромбутен-2-овой кислоты. Укажите и назовите функциональные группы.

1.7. Яблочная кислота – распространенная составная часть многих фруктовых соков, имеет формулу:



Каково систематическое название этого соединения? Назовите все функциональные группы. К какому классу оно относится?

1.8. а) Салициловая кислота – анальгетик, имеющий отношение к аспирину, является 2- гидроксibenзойной кислотой. Напишите ее структурную формулу, укажите и назовите функциональные группы. б) Систематическое название фталевой кислоты – бензол-1,2-дикарбоновая кислота. Напишите ее структурную и молекулярную формулы.

1.9. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте одну структурную формулу вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ и C_6H_{12} . б) Напишите структурные формулы соединений: бутен-1; ацетальдегид; этанол. Назовите функциональные группы.

1.10. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3$ и C_7H_8 ; б) Напишите структурные формулы по названию: циклопентан, 2-гидроксипропаналь, бензойная кислота. Назовите функциональные группы.

1.11. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите

функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: CH_2O и C_6H_8 ; б) Напишите структурные формулы по названию: пропионовый альдегид, гексахлорбензол, бутин-1. Назовите функциональные группы.

1.12. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: C_6H_8 и $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$; б) Напишите структурные формулы по названию: этилбензол, п-хлорфенол, гексанон-2. Назовите функциональные группы.

1.13. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: C_6H_{12} и $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$; б) Напишите структурные формулы по названию: 2-хлорбензойная кислота, пентахлорциклопентан, диметиловый эфир. Назовите функциональные группы.

1.14. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ и $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$; б) Напишите структурные формулы по названию: метиловый эфир уксусной кислоты, бутadiен-1,2, диэтиловый эфир. Назовите функциональные группы.

1.15. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: C_4H_2 и $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$; б) Напишите структурные формулы по названию: 2,6-дихлорнонан, метилэтилкетон, циклопентан. Назовите функциональные группы.

1.16. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: C_5H_4 и $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$; б) Напишите структурные формулы по названию: этиловый эфир уксусной кислоты, пентанол-2, гексанон-2. Назовите функциональные группы.

1.17. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные

вами соединения и назовите их: C_4H_6 и C_3H_6O ; б) Напишите структурные формулы по названию: 2-метилпентаоновая кислота, фенол, хлорхлоресная кислота. Назовите функциональные группы.

1.18. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: C_5H_8 и $C_5H_{10}O_2$; б) Напишите структурные формулы по названию: 2,4,6-трибромфенол, щавелевая кислота, циклобутан. Назовите функциональные группы.

1.19. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: C_5H_6 и C_2H_4O ; б) Напишите структурные формулы по названию: толуол, гексахлорбензол, метиловый эфир пропановой кислоты. Назовите функциональные группы.

1.20. а) Для каждой из следующих молекулярных формул составьте структурные формулы хотя бы одного вещества. Назовите функциональные группы. Определите, к какому классу относятся написанные вами соединения и назовите их: C_4H_4 и $C_4H_8O_2$; б) Напишите структурные формулы по названию: 2-этилоктановая кислота, гексанол-1, гексабромциклогексан. Назовите функциональные группы.

Тема 2. НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Систематическая номенклатура ИУРАС, тривиальная, рациональная. Примеры составления названий органических соединений. Номенклатура углеводов. Названия алкильных радикалов. Номенклатура алканов, галогеналканов, алкенов, алкинов, аренов.

2. Номенклатура азотсодержащих органических соединений. Примеры названий соединений с азотсодержащими функциональными группами (амины, амиды, нитросоединения).

3. Номенклатура серосодержащих органических соединений. Примеры названий соединений с серосодержащими функциональными группами (сульфокислоты, тиолы, сульфиды).

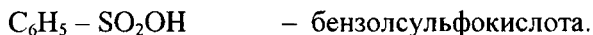
О различных видах номенклатурных правил и номенклатуре углеводов можно прочесть в учебнике [1] – Иванов В.Г. и др., с. 91-98. Здесь же есть таблица с названиями алкильных радикалов.

О номенклатуре азотсодержащих органических соединений можно прочитать в любом учебнике в начале глав, посвященных соответствующему классу азотсодержащих соединений.

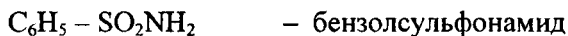
Номенклатура серосодержащих органических соединений. Сульфоновые кислоты (сульфоокислоты) содержат функциональную группу – SO_2OH . Их можно рассматривать как продукты замещения одной из гидроксильных групп серной кислоты на алкильный или арильный остаток.



Названия этих соединений образуют, прибавляя функциональное окончание «сульфоновая кислота» или «сульфоокислота» к названию соответствующего углеводорода.



Сульфоновые кислоты образуют сложные эфиры и амиды.



Сульфаниламид – один из первых лекарственных сульфамидных препаратов является амидом сульфаниловой кислоты. Систематическое название сульфаниловой кислоты – это 4-аминобензолсульфоновая кислота.

Сульфоокислоты и их соли хорошо растворимы в воде, поэтому для придания органическому веществу растворимости в него вводят сульфогруппу. Многие лекарственные препараты, красители, поверхностно-активные вещества (ПАВ) в своей структуре содержат сульфогруппу. В состав синтетических моющих средств (детергентов) входят соли алкилированных сульфоокислот. Наиболее оптимальными поверхностно-активными свойствами обладает прямоцепочечный додецилбензолсульфонат $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{SO}_2\text{ONa}$. Это вещество малотоксично и хорошо подвергается биологическому распаду в водоемах,

однако при разветвленности гидрофобной части молекулы биоокисление резко ухудшается.

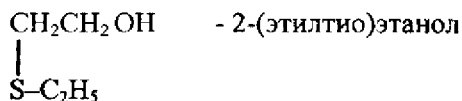
Подобно серному аналогу воды – сероводороду, существуют и серные аналоги спиртов и простых эфиров – тиоспирты (тиолы) и тиоэфиры (сульфиды). Тиолы содержат функциональную группу $-SH$, называемую «тиол-группой». Тиоспирты называют, прибавляя суффикс «тиол» к названию родоначального углеводорода или циклической системы.



В прошлом для этих соединений использовали названия, составленные из обозначений алкильных (арильных) групп и окончания – «меркаптан».

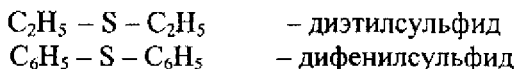
Низшие меркаптаны обладают чрезвычайно неприятным и сильным запахом, благодаря чему их добавляют как одорирующую добавку к природному газу. Человек ощущает запах при содержании до 1 части меркаптана на 400 частей воздуха.

Замещенные тиогруппы – SR называют алкилтиогруппами.



Группы $-SH$ и $-SR$ входят в состав природных аминокислот, встречаются во многих белках и особенно, в ферментах.

Сульфиды являются сернистыми аналогами простых эфиров и имеют общую формулу $R-S-R$.



Задачи к теме 2

2.1. Напишите структурные и молекулярные формулы амида уксусной кислоты, 2-метилгексаналя, нитробензола, анилина. Укажите и назовите функциональные группы.

2.2. Формула сульфаниловой кислоты $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{H}$, а систематическое название 4-аминобензолсульфоновая кислота. Напишите ее полную структурную и молекулярную формулы.

2.3. Напишите полную структурную формулу а) бензолсульфоновой кислоты; б) фталевой кислоты (систематическое название фталевой кислоты – бензол-1,2-дикарбоновая кислота).

2.4. Диметилсульфоксид (ДМСО) – это соединение, имеющее формулу $\text{CH}_3-\text{SO}-\text{CH}_3$ и использующееся в качестве растворителя. Напишите его полную структурную формулу. Приведите название и класс соединения, получающегося при замене атома серы на атом углерода в формуле диметилсульфоксида.

2.5. Диметилсульфид имеет формулу $\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_3$. Назовите соединение, получающееся при замене атома серы на атом кислорода в этой молекуле. К какому классу соединений оно относится.

2.6. Напишите структурную формулу этанамида (ацетамида), нитробензола, мочевины (карбамида), диметиламина.

2.7. Напишите структурную формулу метанамида (формамида), метилэтиламина, N-метилэтанамида, 1,3-динитробензола.

2.8. Систематическое название метионина, одной из природных аминокислот, 2-амино-4-(метилтио)бутановая кислота. Напишите ее структурную формулу.

2.9. Систематическое название фенилаланина, одной из природных аминокислот: 2-амино-3-фенилпропановая кислота. Напишите ее структурную формулу.

2.10. Напишите структурные формулы 2-(этилтио)этанола, пропилового эфира пропионовой кислоты, метилэтилового эфира.

2.11. Напишите структурные и молекулярные формулы бензолсульфокислоты, сульфаниламида, 4-аминобензолсульфоновой кислоты.

2.12. При реакции анилина с уксусной кислотой образуется N-фенилацетамид. Напишите уравнение реакции и структурную формулу продукта реакции.

2.13. Формула сульфаниловой кислоты $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{H}$. Напишите ее полную структурную и молекулярную формулы. Определите функциональные группы в этом соединении.

2.14. Сульфоновые кислоты содержат функциональную группу – SO_3H . Их можно рассматривать как продукты замещения одной из гидроксильных групп серной кислоты на алкильный или арильный остаток. Напишите структурную формулу этансульфоновой кислоты.

2.15. Напишите структурные формулы этантиола и 2-(этилтио) этанола. Определите функциональные группы в этих молекулах.

2.16. Напишите структурные формулы: 1,2-дихлорпропана, пентахлоранилина, пентахлорнитробензола, гексахлорциклогексана, трихлорэтилена, *p*-хлоранилина, гексахлорбензола. Укажите функциональные группы.

2.17. Напишите структурные формулы *m*-дихлорбензола, 2,4,5-трихлорфенола, бензойной кислоты, триметиламина. Укажите функциональные группы.

2.18. Напишите структурные и молекулярные формулы соединений: метилэтиламин, 2-аминопропановая кислота, аминокусусная кислота, фениламин. Назовите функциональные группы.

2.19. Напишите структурные и молекулярные формулы соединений: трипропиламин, фенилуксусная кислота, трифениламин, пентахлоранилин. Назовите функциональные группы.

2.20. Напишите структурные и молекулярные формулы соединений: пентахлорнитробензол, *m*-хлоранилин, метиламин. Назовите функциональные группы.

Тема 3. ИЗОМЕРИЯ

1. Изомеры и гомологи. Определение, примеры.

2. Структурная изомерия. Примеры структурных изомеров из одного класса соединений и из разных классов.

3. Конформеры. Проекция Ньюмена для конформеров. Конформации циклогексана. Отличие конформеров от изомеров.

4. Геометрические изомеры. Цис-транс и *Z,E*-обозначения для пространственных геометрических изомеров.

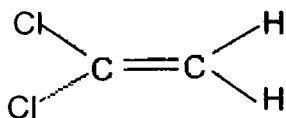
О различных видах изомерии, в том числе конформационной изомерии см. [1] – Иванов В.Г., с. 76-90.

Геометрические изомеры. Цис-транс и *Z,E*-обозначения для пространственных геометрических изомеров. Геометрическая изомерия проявляется только в структурах, которым придает жесткость двойная связь или цикл. Что представляет собой двойная связь? Каждый из атомов углерода, соединенных двойной связью находится в состоянии sp^2 – гибридизации. Это состояние молекулярных орбиталей связано с наличием 4-х орбиталей, три из которых располагаются

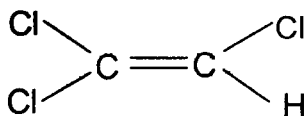
и одной плоскости, например, в плоскости листа бумаги, а четвертая располагается перпендикулярно к этой плоскости. Р-орбиталь состоит из 2 одинаковых половинок, одна «висит» над плоскостью листа, а другая – под этой плоскостью. Атомы углерода, связанные двойной связью находятся на достаточно близком расстоянии друг от друга. Такое сближение приводит к тому, что между атомами возникают в пространстве три области перекрывания орбиталей. Область перекрывания гибридных sp^2 орбиталей мы называем σ -связью, а две области перекрывания р-орбиталей мы называем одной π -связью.

Таким образом, мы имеем следующую жесткую конструкцию расположения орбиталей в пространстве. В одной плоскости располагается область перекрывания гибридных орбиталей, в другой, ей перпендикулярной, находятся области перекрывания р-орбиталей, которые «скрепляют» пространственную конструкцию молекулярных орбиталей, и не позволяют отдельным частям молекулы проворачиваться вокруг оси, соединяющей $C = C$ атомы.

Наличие двойной связи или цикла является необходимым условием возникновения стереоизомеров типа цис-транс-изомеров. У алкенов вторым необходимым условием возникновения цис-транс изомерии является наличие разных атомов или групп атомов у каждого из атомов углерода, соединенных двойной связью.



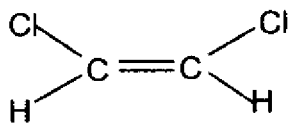
1,1-дихлорэтен
(нет цис-транс-изомерии)



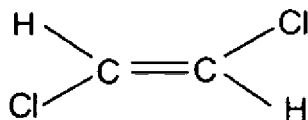
1,1,2-трихлорэтен
(нет цис-транс-изомерии)

Из этих примеров становится очевидно, что пространственная геометрическая изомерия невозможна, если хотя бы один из двух атомов углерода при двойной связи несет две идентичные группы.

Если в алкенах два одинаковых заместителя или два атома водорода, принадлежащих двум разным углеродам, связанным двойной связью, располагаются по одну сторону от плоскости π -связи или цикла, то это цис-изомер, а если по разные стороны – то это транс-изомер.

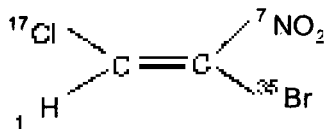


цис-1,2-дихлорэтен



транс-1,2-дихлорэтен

Принадлежность соединения к цис- или трансизомеру легко определяется, если левый углерод из двух, соединенных двойной связью, имеет такой же заместитель, что и правый углерод (в качестве таких одинаковых заместителей могут быть атомы водорода). В более сложных случаях, например, когда все четыре заместителя разные, используют другую систему, рекомендованную комиссией по номенклатуре органических соединений при Международном союзе чистой и прикладной химии (IUPAC). В Z, E-системе рассматривают все четыре атома, связанные с атомами углерода при двойной связи и определяют их старшинство. Старшими считаются атомы с большими порядковыми номерами в периодической системе Д.И. Менделеева. Определяют старший атом среди двух атомов (пара заместителей), связанных с каждым углеродным атомом при двойной связи. Если старшие заместители каждой пары располагаются по одну сторону от плоскости π-связи (плоскость сравнения), то это Z-изомер, а если по разные, то это E-изомер.



E-изомер 1-бром-1-нитро-2-хлорэтена

Если сейчас попытаться обозначить вышеприведенный изомер, то рассуждение может быть примерно такое. К первому из атомов углерода, прилежащих к двойной связи, присоединяется два заместителя, хлор и водород. Порядковый номер водорода в Периодической системе элементов – 1, а порядковый номер хлора – 17. Поскольку порядковый номер хлора больше порядкового номера водорода, из этих двух заместителей старший – хлор. Аналогично

рассматриваем заместители при втором атоме углерода. Поскольку порядковый номер атома брома больше, чем порядковый номер азота, старший из этих двух заместителей – бром. Старшие заместители обеих рассматриваемых пар: хлор и бром, расположены по разные стороны от плоскости π -связи, следовательно представленное соединение – E-изомер.

Часто атомы, непосредственно связанные с ненасыщенными атомами углерода одинаковы. Тогда для установления старшинства следует рассмотреть атомы, связанные со следующим углеродом (углеродом второго слоя). Рассмотрение связанных атомов по слоям см. [1] – Иванов В.Г., с. 87-88.

Задачи к теме 3

3.1. Напишите структурную формулу 1-метил-2-этилбензола и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.2. Напишите структурную формулу 2-этилпентена-1. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.3. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1-фтор-1-нитро-2-хлорэтена и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.4. Напишите структурные формулы следующих соединений: пропионовый альдегид, ацетон, 2-аминопропановая кислота, этиловый спирт. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.5. Напишите структурную формулу 2-нитропентанала и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.6. Напишите структурную формулу 1-фенил-1-фторбутена-1. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.7. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для пентена-2 и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.8. Напишите структурные формулы следующих соединений: пропионовый альдегид, диметилловый эфир, 2-аминопропановая кислота, этиловый спирт. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.9. Напишите структурную формулу амида уксусной кислоты и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.10. Напишите структурную формулу 1-бром-1-хлорпентен-1. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.11. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1-хлор-1-фенил-2-метилбутена-1 и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.12. Напишите структурные формулы следующих соединений: амид пропионовой кислоты, ацетон, 2-аминопропаналь, этиловый спирт. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.13. Напишите структурную формулу пентановой кислоты и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.14. Напишите структурную формулу 2-бром-3-хлорпентена-2. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.15. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 3-амин-2-нитро-пентена-2 и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.16. Напишите структурные формулы следующих соединений: пропионовый альдегид, ацетон, метилэтиловый эфир, пропанол-2. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.17. Напишите структурную формулу 2-метил-бутанола-1 и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.18. Напишите структурную формулу бутена-1. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.19. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1-бром-1-фтор-2-хлорпропена-1 и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.20. Напишите структурные формулы следующих соединений: пропионовый альдегид, пропанон-2, 2-аминопропановая кислота, этиловый спирт. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.21. Напишите структурную формулу гексановой кислоты и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.22. Напишите структурную формулу 1-метил-2-этилциклогексана. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.23. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1-нитро-1-хлор-2-бромбутена-1 и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.24. Напишите структурные формулы следующих соединений: пропионовый альдегид, амид бутановой кислоты, α -аминобутаналь, метилпропиламин. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.25. Напишите структурную формулу октанала и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.26. Напишите структурную формулу 1-циано-1-фторпропена-1. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.27. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1-циано-2-бромпентена-1 и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.28. Напишите структурные формулы следующих соединений: пентановый альдегид, пентанол-2, 2-аминопропановая кислота, пентанон-2. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.29. Напишите структурную формулу 1-этил-3-пропилбензола и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.30. Напишите структурную формулу циклопентана. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.31. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1-гидроксогексена-2 и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.32. Напишите структурные формулы следующих соединений: муравьиный альдегид, диэтилкетон, циклогексан, гексен-2. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.33. Напишите структурную формулу соединения 2-метилпентен-1-ин-3 и еще один его структурный изомер. Дайте название изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.34. Напишите структурную формулу 2-нитропентена-2. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.35. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1-бром-1,2-дихлорэтена и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.36. Напишите структурные формулы следующих соединений: этиловый эфир муравьиной кислоты, пропиламин, 2-аминопропановая кислота, метилэтиламин. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.37. Напишите структурную формулу α -аминогексановой кислоты и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.38. Напишите структурную формулу 1-фенил-1-хлор-2-метилбутена-1. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.39. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1,2-дибромэтена и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.40. Напишите структурные формулы следующих соединений: метиловый эфир пропановой кислоты, 2-метилбутен-1, 2-аминобутановая кислота, циклопентан. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.41. Напишите структурную формулу 3-метилгептаналя и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.42. Напишите структурную формулу 2-циано-3-этилпентен-2. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.43. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1,2-дихлор-1,2-дифторэтена и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.44. Напишите структурные формулы следующих соединений: метиловый эфир пропановой кислоты, 2-аминобутаналь, 2-аминобутановая кислота, амид бутановой кислоты. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.45. Напишите структурную формулу 3-цианогексаналя и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.46. Напишите структурную формулу 1,2-диметилциклопентана. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.47. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1,2-дихлор-1-фторпропен-1 и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.48. Напишите структурные формулы следующих соединений: этиловый эфир пропановой кислоты, 1,2-дихлор-3-метилпентен-1, 2-хлорбутановая кислота, 1,2-дихлорциклогексан. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.49. Напишите структурную формулу β-аминопентановой кислоты и еще один его структурный изомер. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.50. Напишите структурную формулу 1-бром-1-фенил-2-метилпропена-1. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.51. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для бутена-2 и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.52. Напишите структурные формулы следующих соединений: метиловый эфир пропановой кислоты, триметиламин, метилэтиламин, пропиламин. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.53. Напишите структурную формулу пентанола-3 и еще одного его структурного изомера. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.54. Напишите структурную формулу бутена-2. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.55. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1-хлорбутена-1 и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс-, Z- или E-).

3.56. Напишите структурные формулы следующих соединений: метиловый эфир пропановой кислоты, метилэтиламин, 2-аминопропан, бутановая кислота. Укажите соединения, изомерные друг другу.

3.57. Напишите структурную формулу 1,2-диметилбензола и еще одного его структурного изомера. Дайте название этому изомеру по номенклатуре IUPAC.

3.58. Напишите структурную формулу 1-бром-1-нитро-2-хлорэтена. Укажите, возможно ли существование геометрической изомерии у этого соединения и почему?

3.59. Нарисуйте структурные формулы двух геометрических изомеров для 1,2-дибромциклогексана и укажите вид геометрической изомерии для каждого из них (цис- или транс -).

3.60. Напишите структурные формулы следующих соединений: бутаннитрил¹, 2-метилпропаннитрил, 2-аминобутановая кислота, 3-аминобутин-1. Укажите соединения, изомерные друг другу.

Тема 4. ОПТИЧЕСКАЯ ИЗОМЕРИЯ

1. Оптическая изомерия и хиральный центр. Проекционные формулы Фишера. Правила преобразования проекционных формул Фишера.

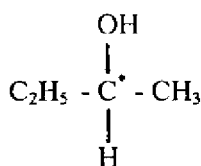
2. Оптические изомеры. Энантимеры и диастереомеры. R,S-номенклатура оптических изомеров.

Оптическая изомерия и хиральный центр. Вещества, имеющие предельный углеродный атом, связанный с четырьмя разными замещающими группами (такой атом называется асимметрическим), могут существовать в двух структурно одинаковых стереоизомерных формах. Атом, несущий четыре различных атома или группы называется асимметрическим или хиральным. Примерами веществ, имеющих один асимметрический атом, и существующими в виде двух стереоизомеров могут быть такие вещества как 2-гидроксипропановая (молочная кислота), 2-аминопропановая кислота (природная аминокислота – аланин), глицериновый альдегид.

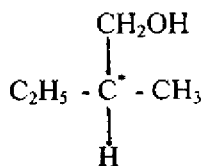
Сtereoизомерные формы не имеют плоскости симметрии (плоскости, режущей предмет на две зеркально подобные половинки) и относятся друг к другу как предмет к своему зеркальному отражению. Две молекулы, являющиеся зеркальными отображениями друг друга представляют собой оптические изомеры (оптические антиподы) и

¹ Суффикс *-нитрил* относится только к группировке $\equiv \text{N}$, замещающей три атома водорода в конце главной цепи. Соединения RCN с нитрилогруппой $\equiv \text{N}$ называют, прибавляя *-нитрил* к названию соответствующего углеводорода.

называются энантимеры. К веществам, содержащим асимметрический углеродный атом, относятся, например, бутанол-2 и 2-метилбутанол-1 (Асимметрический атом углерода обозначен *).



бутанол-2



2-метилбутанол-1

Название оптические изомеры связано с тем, что они вращают плоскость поляризованного света в противоположных направлениях. Если один изомер вращает плоскость поляризованного света вправо, то другой – влево. Энантиомер, вращающий плоскость поляризованного света по часовой стрелке, называется правовращающим и обозначается (+). Его антипод вращает плоскость поляризованного света против часовой стрелки. Он называется левовращающим и обозначается (-).

Эквилярная смесь энантиомеров, не обладающая оптическим вращением, называется рацемической модификацией или рацемической смесью (рацемат). Обладая практически одинаковыми физическими и химическими свойствами, антиподы часто резко отличаются своими биологическими свойствами. D-глюкоза – это питательное вещество, тогда как L-глюкоза не усваивается организмом. Белки построены из L-аминокислот. В то же время D-аминокислоты встречаются в составе пептидных или белковых ядов.

Проекционные формулы Фишера. Оптические изомеры изображают на плоскости чаще всего с помощью проекционных формул Фишера. В формуле Фишера хиральный центр рисуют с четырьмя связями, образующими друг с другом прямые углы. По вертикали изображают проекцию на плоскость заместителей, находящихся за плоскостью бумаги и направленных от наблюдателя, по горизонтали располагают заместители, находящиеся над плоскостью чертежа и направленные к наблюдателю, центральный атом находится в плоскости бумаги. Чтобы не было путаницы между обычной структурной формулой и проекционной формулой Фишера, центральный атом углерода в проекции Фишера не изображается, его обозначает точка пересечения вертикальной и горизонтальной линий. К сожалению, это не всегда соблюдается.

В принципе каждый оптический антипод может быть изображен двенадцатью различными проекционными формулами. Представляют интерес две формы написания формул Фишера, соответственно двум наиболее принятым в настоящее время системам обозначения оптической конфигурации энантиомеров: L, D- система и R,S- система обозначения абсолютной конфигурации хиральных центров.

Чтобы использовать L, D- систему необходимо представить соединение в виде стандартной проекционной формулы Фишера. Для этого наиболее длинную углеродную цепь располагают вертикально, а наиболее окисленный атом углерода располагают наверху.² Связи с неуглеродными заместителями (H, OH) должны располагаться горизонтально и быть направленными к наблюдателю.

Правила преобразования проекционных формул Фишера. Для того, чтобы можно было переходить с одного вида формулы Фишера к другому виду, в частности приводить «нестандартно» написанные проекционные формулы к стандартному виду, надо знать некоторые правила преобразования проекционных формул.

Правила преобразования, не изменяющие оптического изомера:

1. Формулы можно вращать в плоскости чертежа на 180°, при этом ее стереохимический смысл не изменяется.

2. Две (или любое четное число) перестановки заместителей у одного асимметрического атома не меняют стереохимического смысла формулы.

Правила преобразования, приводящие к превращению вещества в его оптический изомер:

1. Поворот проекционной формулы в плоскости чертежа на 90° меняет конфигурацию молекулы на противоположную.

2. Перемена местами двух любых заместителей (или любое нечетное число таких перемен приводит к молекуле оптического антипода).

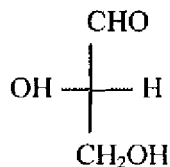
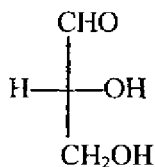
Номенклатура оптических изомеров. L, D- обозначения оптически активных соединений. R,S-обозначения абсолютной конфигурации хиральных центров.

Первоначально для правовращающих и левовращающих форм оптических изомеров употребляли буквы d (dexter-правый) и l (laevus-левый). Позднее буквой D стали обозначать оптический изомер, имею-

² Из двух заместителей (CHO и CH₂OH), первый является более окисленным, поскольку имеет меньшее число атомов водорода на один атом углерода, хотя количество атомов кислорода в обоих заместителях одинаково.

ший такую же относительную конфигурацию, как у (+)-глицеринового альдегида, а буквой L – энантиомерную конфигурацию, независимо от знака вращения. (Два или несколько соединений имеют одну и ту же относительную конфигурацию, если три общих заместителя вокруг хирального центра одинаково ориентированы в пространстве относительно четвертого заместителя). Следует отметить, что между конфигурацией оптического изомера и знаком вращения поляризованного света нет однозначного соответствия: два соединения одинаковой относительной конфигурации могут иметь разные знаки вращения.

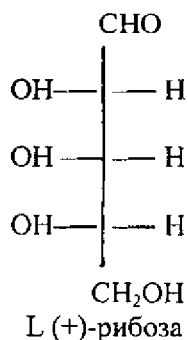
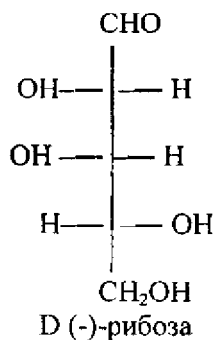
В 1951 г. была установлена абсолютная конфигурация (+)-глицеринового альдегида. Она оказалась следующей: А). Следовательно, L-глицериновый альдегид имеет конфигурацию Б).



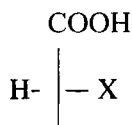
А) D-глицериновый альдегид

Б) L-глицериновый альдегид

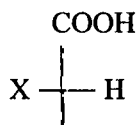
Конфигурация глицеринового альдегида служит «ключом» для обозначения конфигурации сахаров. Молекула должна быть представлена в стандартной форме написания. Следует иметь в виду также, что обозначение D- или L- в ряду сахаров относится к конфигурации нижнего асимметрического центра. Например:



«Ключом» для определения конфигурации α -оксикислот и α -аминокислот D или L) является верхняя часть их проекционной формулы (в стандартной записи):



D-оксикислоты (X = OH)



L-оксикислоты (X = OH)

D-аминокислоты (X = NH₂)

L-аминокислоты (X = NH₂)

Однако, при переходе из одного класса соединений к другому, выявились противоречия между тем, как следует обозначать оптический изомер соединения, исходя из его абсолютной конфигурации, и исторически принятым его (D или L) обозначением. Поэтому в настоящее время все большее признание завоевывает R,S-система обозначения абсолютной конфигурации.

Допустим, что оптически активное вещество, имеющее один хиральный центр представлено проекционной формулой Фишера (это может быть стандартная форма написания или любая другая).

Чтобы определить абсолютную конфигурацию необходимо по R,S- номенклатуре необходимо:

1. Переместить младший по старшинству заместитель* в нижнее или верхнее положение вертикальной линии, пользуясь правилами преобразования проекционных формул Фишера с тем, чтобы не изменить знака оптического вращения.

2. Если старшинство оставшихся трех заместителей падает по часовой стрелке, то это R-изомер (от латинского *rectus*, правый), а если старшинство падает против часовой стрелки, то это S-изомер (*sinister*, левый).

Следует обратить внимание, что вид стандартной формулы Фишера отличается от вида проекционной формулы для определения R,S-конфигурации.

* Старшинство заместителей определяется по порядковому номеру атома, также как при выборе Z,E – обозначений для геометрических изомеров. Младший заместитель имеет меньший порядковый номер в Периодической системе Д.И.Менделеева.

Соединение, имеющее два или несколько асимметрических атомов, может существовать в виде двух или большего количества стереоизомеров. Число стереоизомеров можно рассчитать по формуле

$$N = 2^n,$$

где N – число стереоизомеров; n – число асимметрических атомов.

Среди них могут быть изомеры, не обладающие оптической активностью. Это наблюдается, например, в случае, если молекула содержит два асимметрических атома углерода, причем один из асимметрических атомов вращает плоскополяризованный свет вправо, а другой – на такой же угол влево. Очевидно, что молекула, состоящая из двух частей, представляющих собой оптические антиподы, не может проявлять оптическую активность.

Об оптической изомерии см. [1] – Иванов В.Г., с. 81-90.

Задачи к теме 4

4.1. Простейшим углеводородом с хиральным центром является 3-метилгексан. Напишите его структурную формулу и обозначьте асимметрический атом углерода звездочкой. Выпишите заместители у хирального центра и расположите их в порядке возрастания старшинства. Напишите проекционную формулу (R)-3-метилгексана.

4.2. а) В какое положение проекционной формулы Фишера необходимо поместить младший заместитель, чтобы можно было определить абсолютную конфигурацию (R или S) оптического изомера? б) что представляет собой простейший хиральный центр? Приведите пример.

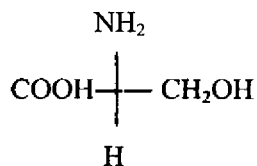
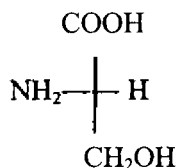
4.3. Расположите следующие заместители (CH_3 ; OH ; H ; Cl) в порядке убывания старшинства. Напишите структурную формулу любого оптически активного органического соединения, содержащего вышеприведенные заместители. Напишите проекционные формулы Фишера для обоих энантиомеров этого соединения.

4.4. Расположите следующие заместители (CHO ; CH_2OH ; OH ; H) в порядке убывания старшинства. Напишите структурную формулу любого оптически активного органического соединения, содержащего вышеприведенные заместители. Напишите проекционные формулы Фишера для обоих энантиомеров этого соединения.

4.5. Расположите следующие заместители (H ; CH_3 ; OH ; COOH) в порядке убывания старшинства. Напишите структурную формулу любого оптически активного органического соединения, содержащего

вышеприведенные заместители. Напишите проекционные формулы Фишера для обоих энантиомеров этого соединения.

4.6. Какая из двух проекционных формул Фишера приведена в стандартной форме написания?



4.7. Изобразите 2-гидроксипропановую кислоту в стандартно написанной проекционной формуле Фишера. Определите абсолютную оптическую конфигурацию энантиомера, написанного вами, по R,S – номенклатуре. Какими из правил преобразования проекционных формул Фишера вы воспользовались для преобразования стандартно написанной формулы в формулу, необходимую для определения абсолютной конфигурации?

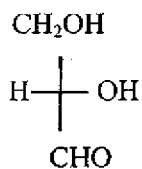
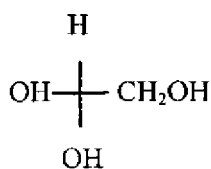
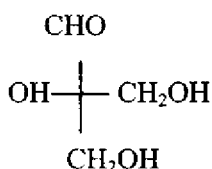
4.8. Напишите структурную формулу 4-метил-4-этилоктана и обозначьте асимметрический атом углерода звездочкой. Выпишите заместители у хирального центра и расположите их в порядке возрастания старшинства. Напишите проекционную формулу Фишера для (S)-4-метил-4-этилоктана.

4.9. Напишите структурную формулу 3-метилгептана и обозначьте асимметрический атом углерода звездочкой. Выпишите заместители у хирального центра и расположите их в порядке возрастания старшинства. Напишите проекционную формулу Фишера для (S)-3-метилгептана.

4.10. Напишите структурную формулу 3-бромбутанола-2 и обозначьте асимметрический атом углерода звездочкой. Выпишите заместители у хирального центра и расположите их в порядке возрастания старшинства. Напишите проекционные формулы Фишера для энантиомеров 3-бромбутанола-2.

4.11. Напишите структурную формулу 4-метилоктана и обозначьте асимметрический атом углерода звездочкой. Выпишите заместители у хирального центра и расположите их в порядке возрастания старшинства. Напишите две проекционные формулы Фишера для (S)-4-метилоктана.

4.12. Выпишите из приведенных ниже структурных формул оптически активное соединение. Преобразуйте приведенную для него проекционную формулу Фишера в вид, необходимый для определения абсолютной оптической конфигурации. Какими из правил преобразования формул Фишера вы для этого воспользовались?



4.13. Напишите проекционные формулы Фишера для энантиомеров бутандиола-2,3 и для его мезо-формы.

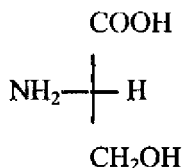
4.14. Напишите структурную формулу 2,4-дигидроксипентандиовой кислоты. Укажите асимметрические атомы углерода в этом соединении. Напишите проекционную формулу для мезо-формы этого соединения.

4.15. Напишите структурную формулу 2-бромбутана и обозначьте асимметрический атом углерода звездочкой. Выпишите заместители у хирального центра и расположите их в порядке возрастания старшинства. Изобразите проекционную формулу Фишера для (S)-2-бромбутана.

4.16. Напишите структурную формулу 1-хлор-2-метилбутана и обозначьте асимметрический атом углерода звездочкой. Выпишите заместители у хирального центра и расположите их в порядке возрастания старшинства. Изобразите проекционную формулу Фишера для (R)-1-хлор-2-метилбутана.

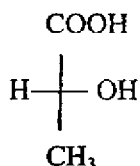
4.17. Напишите проекционную формулу оптически неактивной 2,3-дигидроксипентандиовой кислоты (мезовинная кислота). Обозначьте асимметрические атомы углерода звездочкой и объясните отсутствие оптической активности.

4.18. Проекционная формула Фишера для L-серина изображена ниже:

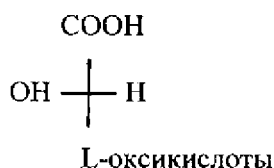
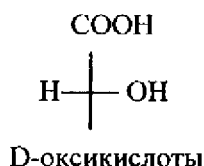


Имеет ли он конфигурацию R или S? Ответ поясните. Приведите его название по систематической номенклатуре.

4.19. Назовите α -оксикислоту по систематической номенклатуре с учетом ее абсолютной конфигурации (R или S). Проекционная формула Фишера для этой кислоты:



4.20. «Ключом» для определения конфигурации α -оксикислот (D или L) является верхняя часть их проекционной формулы (в стандартной записи):



Учитывая это, напишите проекционную формулу оптически активной L-винной кислоты (2,3-дигидроксипутандиовой кислоты).

Тема 5. ГИБРИДИЗАЦИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ

1. Структуры Льюиса. Расчет формального заряда на атомах в молекуле.

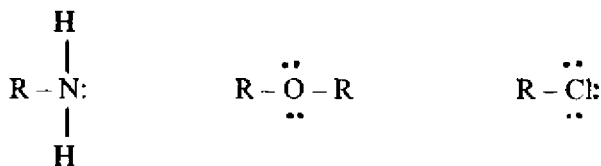
2. Типы гибридизации атомных орбиталей углерода. σ – и π – связи в органических соединениях. Связь типа гибридизации с пространственным строением молекулы.

Структуры Льюиса. Расчет формального заряда на атомах в молекуле. Атом можно представить в виде «остова» и внешних электронов; остов состоит из ядра и внутренних электронов и остается неизменным при всех обычных химических изменениях. Химические изменения по Льюису затрагивают только *внешние электроны*,

которые называются валентными. При написании химических формул часто пользуются формой изображения молекул, предложенной Льюисом. В этой форме записи под символом элемента подразумевается остов данного элемента. Валентные электроны изображаются точками. Пару электронов иногда изображают черточкой.

Более подробно о формулах Льюиса или, иначе, октетных формулах см. [1] – Иванов В.Г. и др., с. 15-16.

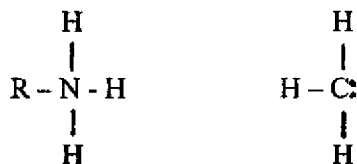
Наиболее стабильная электронная конфигурация включает восемь электронов вокруг любого атома в молекуле (за исключением водорода и гелия, у которых наиболее стабильна оболочка из 2-х электронов). Каждый атом поставляет свои валентные электроны для образования химических связей, и каждый атом в молекуле окружен восьмью электронами. В образовании завершённой восьмиэлектронной оболочки атома принимают участие, как собственные валентные электроны, так и электроны соседних атомов, с которыми данный атом образует связи. Углерод в органических соединениях отдаёт на образование связей все четыре валентных электрона, проявляя валентность, равную четырем. В атомах, которые имеют более четырёх валентных электронов (в азоте – пять валентных электронов, в кислороде – шесть, в атомах галогенов – семь), не все валентные электроны участвуют в образовании связей. Валентные электроны, не участвующие в образовании связей, называются *неподелёнными электронными парами (НЭП) или свободными электронами*. Неподелённые пары электронов дают возможность связывания молекулой других ионов или молекул путём образования донорно-акцепторных связей. Так, азот в органических молекулах имеет обычно одну несвязанную пару электронов, кислород – две, а галогены – три пары.



Формулы химических соединений, изображённые в виде формул Льюиса можно применить для расчета формального заряда на любом атоме молекулы. Для расчета формального заряда на любом атоме молекулы необходимо от числа валентных электронов этого атома (число валентных электронов равно номеру группы, в которой находится

этот атом в Периодической системе Д.И. Менделеева) отнять сумму связей и свободных электронов атома в данном соединении.

Например, азот в нижеприведенной структуре несет заряд +1. Азот по Периодической системе имеет пять валентных электронов. Свободных электронов в этой частице нет, четыре связи имеет азот с другими атомами, т.е. $5 - 4 = +1$. Вторая частица имеет заряд -1 и называется метильным карбанионом. Углерод имеет 4 валентных электрона, три связи и два несвязанных электрона. Сумма связей и числа свободных электронов равна 5. Разность $4 - 5 = -1$.



Типы гибридизации атомных орбиталей углерода. Связь типа гибридизации с пространственным строением молекулы. В органических соединениях атом углерода может находиться в одном из трех валентных состояний: sp^3 , sp^2 , sp . Форма гибридной орбитали изменяется в зависимости от типа гибридизации. Так, форма гибридной орбитали при переходе от sp^3 к sp -гибридизации становится более сферической, поскольку в ней возрастает доля s-орбитали. Ковалентный радиус в связи с этим уменьшается и граница электронного облака приближается к ядру атома углерода. Это, в свою очередь, приводит к увеличению полярности связи C – H в ацетиленовых углеводородах по сравнению с C-H-связями в алканах и алкенах, и возможности взаимодействовать со щелочными металлами и некоторыми солями металлов с замещением водорода при тройной связи и образованием ацетиленидов. Иными словами, у алкинов с тройной связью на конце молекулы появляются кислотные свойства.

Подробнее о типах гибридизации атомных орбиталей углерода см. [1] – Иванов В.Г., с. 47-51., о реакциях образования ацетиленидов там же, с.142.

Геометрия молекул также обусловлена типами гибридизации атомов углерода в ней. Общую идею предсказания формы молекул можно сформулировать следующим образом:

пары электронов на валентной оболочке атома отталкивают друг друга и атомы располагаются так, чтобы уменьшить это отталкивание.

Например, наибольшее удаление друг от друга четырех пар электронов связей в метане (тип гибридизации sp^3) достигается, если каждая из пар направлена к вершине тетраэдра. В этом случае углы между парами составляют примерно $109,5^\circ$.

Если на гибридных орбиталях атома имеются три пары электронов (как у атома углерода в молекуле этилена, тип гибридизации sp^2), их отталкивание минимально при расположении всех трех пар в одной плоскости под углом 120° между ними.

Если у атома на гибридных орбиталях две пары электронов (как у атома углерода в молекуле ацетилена, тип гибридизации sp), их отталкивание минимально при угле 180° между ними.

Поскольку тип гибридизации и пространственная форма молекулы взаимосвязаны, то по структурной формуле можно определить состояние гибридизации атомов в молекуле и далее пространственную форму молекулы.

Чтобы определить состояние гибридизации атома, необходимо посчитать сумму числа атомов, связанных с атомом, гибридизацию которого мы определяем, и неподеленных электронных пар (НЭП).

Если суммарное число заместителей (связанных атомов) и НЭП равно четырем, то тип гибридизации атома sp^3 , если трем – тип гибридизации sp^2 и двум – тип гибридизации sp . Это правило охватывает почти все встречающиеся молекулы.

Задачи к теме 5

5.1. Укажите число валентных электронов у хлора, кислорода, азота и углерода, а также их обычно проявляемую валентность в органических соединениях.

5.2. Укажите число несвязанных электронов у атома кислорода гидроксильной группы на примере изопропилового спирта.

5.3. На примере метиламина а) укажите число несвязанных электронов у атома азота; б) валентность азота.

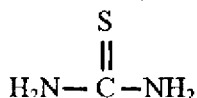
5.4. На примере диметилового эфира а) укажите число пар несвязанных электронов у атома кислорода; б) валентность атома кислорода.

5.5. Какую валентность обычно проявляет углерод, азот, бром и кислород в органических соединениях? Ответ проиллюстрируйте написанием структурных формул Льюиса для ацетона, мочевины и бромметана.

5.6. Метионин, одна из незаменимых аминокислот, это 2-амино-4-(метилтио)бутановая кислота. Напишите его структурную формулу, показав число пар несвязанных электронов у атомов азота и серы. Какова валентность и тип гибридизации этих атомов?

5.7. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений: BF_3 и H-O-N=O . Дайте названия этим соединениям. Определите тип гибридизации орбиталей атома бора в первом соединении и атомов кислорода и азота – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.8. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений:



и азотистой кислоты. Определите тип гибридизации орбиталей атомов углерода, серы и каждого из атомов азота в первом соединении, и каждого из атомов кислорода и атома азота - во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.9. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений: $\text{CH}_3\text{-S-Cl}$ и хлорида алюминия. Определите тип гибридизации орбиталей атомов углерода и серы в первом соединении и атома алюминия – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.10. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений: $\text{Cl-C}\equiv\text{N}$ и $\text{CH}_3\text{-NH-NH}_2$. Определите тип гибридизации орбиталей атомов углерода и азота в первом соединении, и атома углерода и каждого из атомов азота – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.11. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений:



Определите тип гибридизации орбиталей атомов углерода и кислорода в первом соединении и атомов углерода и азота – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.12. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений: $\text{NH}=\text{NH}$ и аминометана. Определите тип гибридизации орбиталей атомов азота в первом соединении, и атомов углерода и азота – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.13. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений: SiH_4 и амиака. Определите тип гибридизации орбиталей атома кремния в первом соединении и атома азота – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

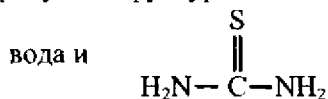
5.14. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений: фторида бора и $\text{CH}_3\text{-NH-NH}_2$. Определите тип гибридизации орбиталей атома бора в первом соединении, и атомов углерода и обоих атомов азота – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.15. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений: метана и $\text{CH}_3\text{-S-Cl}$. Определите тип гибридизации орбиталей атома углерода в первом соединении, и атомов углерода и серы – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.16. Нарисуйте структуры Льюиса для следующих формул: CH_3^+ и $\text{Cl-C}\equiv\text{N}$. Определите тип гибридизации орбиталей атома углерода в первом соединении, и атомов углерода и азота – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.17. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений: BF_3 и бромметана. Определите тип гибридизации орбиталей атома бора в первом соединении и атома углерода во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.18. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений:



Определите тип гибридизации орбиталей атома кислорода в первом соединении и атомов углерода, серы и двух атомов азота – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.19. Нарисуйте структуры Льюиса для соединений: азобензол ($\text{C}_6\text{H}_5-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5$) и CH_3^+ . Определите тип гибридизации орбиталей атомов азота в первом соединении, и атома углерода – во втором. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах.

5.20. Нарисуйте структуру Льюиса ($C_6H_5 \rightsquigarrow N = N \leftarrow C_6H_5$) для азобензола. Определите тип гибридизации орбиталей атомов азота. Укажите примерные величины углов между связями в обеих структурах. Нарисуйте структурные формулы цис- азобензола и транс-азобензола.

Тема 6. КЛАССИФИКАЦИЯ РЕАКЦИЙ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

1. Классификация органических реакций. Понятия «реагент» и «субстрат». Электрофильные и нуклеофильные реагенты. Обозначения типов реакций по Ингольду.

2. Понятие о механизме реакции. Индуктивные (+I) и (-I)-эффекты заместительных групп, мезомерные (+M) и (-M)-эффекты.

3. Кислоты и основания Льюиса.

О классификации органических реакций и реагентов см. [1] – Иванов В.Г., с. 61-65. Электронные эффекты (индуктивные и мезомерные), там же, с. 53-61. Теория кислот и оснований, там же, с. 65-76.

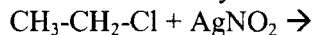
Механизмы химических реакций см. [4] - Фримантл М., с. 350 - 360.

Задачи к теме 6

6.1. Что такое механизм реакции? Какая стадия в ходе реакции называется лимитирующей? Как обозначаются по Ингольду следующие реакции: а) электрофильное замещение; б) электрофильное присоединение.

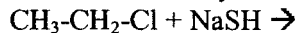
6.2. Напишите уравнение реакции получения этилового спирта из хлорэтана. Укажите в ней субстрат и реагент. К какому типу реакций ее можно отнести?

6.3. По какому механизму протекает реакция?



Напишите продукты этой реакции и назовите все вещества.

6.4. По какому механизму протекает реакция?



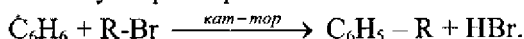
Напишите продукты этой реакции и назовите все вещества.

6.5. Напишите по одному примеру реакций разных типов.

6.6. В процессе присоединения серной кислоты к алкену, двойная связь подвергается атаке со стороны H^+ . Эта стадия является лимитирующей. Каков механизм этой реакции?

6.7. Разделите нижеприведенные частицы на группы нуклеофильных и электрофильных реагентов: $:OH^-$, $:NaI^-$, HOH , NH_3 , $AlCl_3$, H^+ , Br^+ . Дайте определения, что такое нуклеофильные и электрофильные реагенты.

6.8. Какие соединения в органических соединениях называют субстратами, а какие реагентами? В нижеприведенной реакции укажите субстрат и реагент:



Напишите уравнение реакции, если R- метильный радикал. Назовите исходные вещества и продукты реакции.

6.9. Как вы обозначите по Ингольду реакцию гидролиза галогеналканов? Поясните свое обозначение.

6.10 Как вы обозначите по Ингольду реакцию взаимодействия галогенов с алкенами. Поясните свое обозначение.

6.11. Какие частицы образуются в результате а) гомолитического; б)гетеролитического разрыва связи?

6.12. Каковы условия осуществления а) гомолитического; б)гетеролитического разрыва связи?

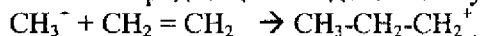
6.13. Как обозначаются по Ингольду следующие реакции: а) замещение нуклеофильное мономолекулярное;б) замещение электрофильное бимолекулярное; в) элиминирование мономолекулярное?

6.14. Напишите уравнение реакции получения 1,2-дибромбутана из бутена-1. К какому типу реакций ее можно отнести? Как обозначается эта реакция по Ингольду?

6.15. Напишите уравнение реакции получения 2-метилбутана из пентана. Укажите в ней субстрат и реагент. К какому типу реакций ее можно отнести?

6.16. Напишите уравнение реакции получения пентена-1 из 1-бромпентана. Укажите в ней субстрат и реагент. К какому типу реакций ее можно отнести?

6.17. Представленную ниже реакцию можно рассматривать как кислотно-основную. Укажите кислоту и основание Льюиса. Укажите состояние гибридизации каждого атома углерода в продукте реакции.



Тема 7. ПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

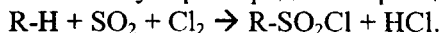
1. Алканы. Номенклатура. Физические свойства алканов. Природные источники и промышленное получение алканов.

2. Химические свойства алканов (реакции галогенирования, нитрования по Коновалову, сульфохлорирования и сульфоокисления, дегидрирования, каталитическое окисление алканов и горение, получение синтез-газа, реакция Вюрца). Механизм реакции галогенирования алканов.

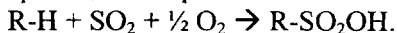
О свойствах алканов можно прочитать в любом из рекомендуемых учебников, в частности см. [5]- Артеменко А.И., с. 38-52.

При изучении вопроса нитрования алканов следует обратить внимание на то, как различные условия протекания реакции влияют на образование продуктов. Условия нитрования по Коновалову (жидкофазное нитрование): 7-20%-ная азотная кислота, температура 110-140°C. Условия парофазного нитрования: пары азотной кислоты при температуре 250-500°C. Нитрование протекает по радикальному механизму. Наиболее легко реакция протекает по третичному атому углерода, наиболее трудно – по первичному.

Промышленное сульфирование алканов имеет большое практическое значение, как метод получения синтетических моющих средств. Достаточно легко сульфируются углеводороды при совместном действии SO_2 и Cl_2 (сульфохлорирование), SO_2 и O_2 (сульфоокисление). Обе реакции имеют радикальный характер и инициируются пероксидами, ультрафиолетовым светом и γ -облучением. Сульфохлорирование приводит к образованию алкансульфохлорида и хлороводорода.



Сульфоокисление приводит к образованию алкансульфоокислоты.



О реакции Вюрца см. [1] – Иванов В.Г., с. 101. Следует обратить внимание на то, что реакцию Вюрца удобно применять, когда необходимо получить алкан с числом углеродных атомов в два раза больше, чем в исходном галогеналкане. Смесь различных исходных галогеналканов в этой реакции применять нежелательно, поскольку в результате образуется смесь трех видов алканов с разной длиной углеродной цепочки. Эту смесь разделить очень сложно. Видоизменение реакции Вюрца было предложено Р. Виттигом в применении

к несимметричной конденсации смеси галоидного алкила и галоидного арила.



В результате образуются три соединения, значительно различающихся по химическим свойствам, которые легко могут быть разделены.

Задачи к теме 7

7.1. Исправьте ошибки в следующих названиях: а) 2-димстилнонан; б) 1-этилгептан; в) 2-пропилбутан; г) 3,3-хлор-1-метилциклогексан.

7.2. Напишите все стадии механизма реакции хлорирования метана при температуре 450°C . Назовите все продукты, получающиеся в этой реакции?

7.3. Напишите реакцию нитрования изобутана с указанием двух монозамещенных продуктов, которые могут получиться в этой реакции. Дайте названия этим продуктам.

7.4. Напишите реакцию хлорирования 2-метилпропана с указанием четырех монозамещенных продуктов, которые могут получиться в этой реакции. Дайте названия этим продуктам.

7.5. Мягкое каталитическое окисление бутана кислородом воздуха – один из промышленных способов получения уксусной кислоты а) напишите уравнение реакции; б) рассчитайте массы уксусной кислоты и воды, которые получатся из 3 моль бутана, а также массу воды, которую следует добавить для получения раствора 10%-ной уксусной кислоты.

7.6. Как известно, высокотемпературное пламя ацетилено-кислородных горелок широко используется для сварки и резки металлов. Можно ли для аналогичных целей использовать пламя метано-кислородной горелки? Рассчитайте, в какой из двух указанных типов горелок и во сколько раз выделится больше теплоты при сгорании одинаковых объемов ацетилена и метана.

7.7. Какой объем раствора с массовой долей гидроксида натрия 20% и плотностью $1,1 \text{ г/см}^3$ потребуется для поглощения газа, выделяющегося при полном сгорании $2,12 \text{ г}$ предельного углеводорода, содержащего 32 водородных атома в молекуле, если в результате образуется кислая соль? Объем измерен при нормальных условиях (н.у.).

7.8. Какой объем воздуха (н.у.) потребуется для полного сгорания 35,2 г алкана, содержащего 25 углеродных атомов в молекуле? Кислорода в воздухе примерно 20%.

7.9. Получите 3-этилпентан: а) гидрированием непредельного углеводорода; б) восстановлением галогенопроизводного. Сколько изомерных соединений можно использовать для этого в каждом случае?

7.10. Некоторое соединение, имеющее молекулярную массу 72 г/моль при растворении в 15 г бензола уменьшает его температуру замерзания на $1,58^\circ$. Определите массу растворенного в бензоле соединения. Криоскопическая постоянная бензола равна $5,12 \text{ кг}\cdot\text{К}\cdot\text{моль}^{-1}$. Предположите структуру растворенного органического соединения. Напишите несколько его изомеров и назовите их.

7.11. Какие углеводороды получатся при действии металлического натрия на смесь иодистого метила и иодистого этила? Напишите уравнения реакции и назовите все продукты по номенклатуре IUPAC.

7.12. Какие углеводороды получатся при действии металлического натрия на смесь иодистого этила и иодистого пропила? Напишите уравнения реакции и назовите все продукты по номенклатуре IUPAC.

7.13. Из какого галогеналкила с помощью реакции Вюрца может быть получен 2,7-диметилпентан? Напишите уравнение реакции и назовите галогеналкил по международной номенклатуре IUPAC.

7.14. Из какого галогеналкила с помощью реакции Вюрца может быть получен 3,6-диметилпентан? Напишите уравнение реакции.

7.15. Напишите уравнения реакции получения 2,3-диметилбутана и октана с помощью реакции Вюрца.

7.16. Напишите уравнение реакции 2-иодпропана с металлическим натрием. Назовите продукты реакции.

7.17. Напишите уравнение реакции 2-иод-2-метилпропана с металлическим натрием. Назовите продукты реакции.

7.18. Напишите уравнения реакций сульфохлорирования и сульфокисления бутана. Назовите продукты реакции.

7.19. Напишите уравнения реакций сульфохлорирования и сульфокисления пентана. Назовите продукты реакции.

7.20. Этилбензол с выходом 60% получен по реакции Вюрца-Виттига при условии 10%-ного избытка галогенированного алкила. Какие исходные вещества были использованы в этой реакции? Какие еще продукты получаются? Напишите уравнение реакции.

Тема 8. НЕФТЬ

1. Переработка нефти. Пиролиз и крекинг. Бензиновая фракция, октановое число.

2. Загрязнение биосферы отходами нефте- и газоперерабатывающих заводов, продуктами их сгорания. Очистка нефти и природного газа от сернистых соединений.

3. Виды загрязнений городского воздуха. Роль транспорта в загрязнении окружающей среды. Экологические последствия применения этилированного бензина.

Сырая нефть состоит из смеси примерно 150 соединений и горит плохо. Для получения легколетучих веществ, которые можно использовать как горючее, нефть-сырец подвергают фракционной перегонке.

Прямая фракционная перегонка является первичным (основным) процессом переработки. В основе *фракционной перегонки* смесей жидкости лежит различие их температур кипения. Этот метод переработки можно отнести к физическим, поскольку при этом практически не происходит разложения углеводородов. Каждая фракция, полученная в результате перегонки, представляет собой смесь углеводородов, кипящих в определенном интервале температур. Обычно получают следующие фракции:

а) бензиновая (смесь углеводородов с $C_5 - C_{12}$) – образуется при нагревании до $200^{\circ}C$.

б) керосиновая фракция (смеси углеводородов с $C_{10} - C_{16}$) – образуется при нагревании до $300^{\circ}C$.

в) мазут – смесь углеводородов с большим числом атомов углерода. При дальнейшей разгонке мазута под вакуумом (во избежание осмоления при высокой температуре) или при перегонке с водяным паром из него получают соляровые масла ($C_{12} - C_{20}$), смазочные масла ($C_{20} - C_{50}$), вазелин и парафин ($C_{19} - C_{35}$).

Для увеличения выхода бензина некоторые фракции прямой перегонки и мазут подвергают вторичной переработке, связанной с частичным разложением (деструкцией) углеводородов. Это химические методы переработки нефти, которые основаны на химических превращениях углеводородов под влиянием температуры, давления и катализаторов. Среди этих методов особое значение получили

различные виды крекинга (от англ. to crack – расщеплять). Различают два вида крекинга – термический и каталитический.

Пиролизом называется крекинг, проводящийся при высоких температурах (700-800°C) в отсутствие катализатора. Он связан с более глубокими изменениями в молекуле углеводорода вплоть до образования элементарного углерода. При этом процессе помимо образования углерода и водорода в значительных количествах образуется ацетилен и этилен.

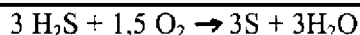
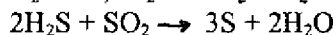
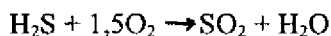
Обычно *термический крекинг* проводится при температуре 450 – 600°C. Основными процессами при температурном крекинге являются гомолитический разрыв углеродной цепи с одновременной изомеризацией и циклизацией, а также дегидрогенизация углеводорода с образованием непредельных соединений. Термический крекинг – свободнорадикальный процесс.

Каталитический крекинг проводят при более низкой температуре 450-520°C в присутствии катализаторов (алюмосиликатов или хлорида алюминия). Процесс ионный, более эффективный и экономичный. При каталитическом крекинге наряду с расщеплением углеродной цепи проходят процессы изомеризации, циклизации, что позволяет получать бензин с более высоким октановым числом.

Очистка нефти и природного газа от сернистых соединений. Природный газ и нефть обычно загрязнены примесями серосодержащих соединений. Содержание серы в нефти в зависимости от месторождения изменяется от долей процента до 5%, а в угле – от 0,3 до 6%. В атмосферу ежегодно выбрасывается около 150 млн. тонн оксида серы (IV), причем наибольшее количество – теплоэлектростанциями.

Одной из важнейших проблем переработки нефти является *обессеривание* в связи с выделением сероводорода на нефтеперегонных заводах и сернистого газа при производстве и потреблении горючего (мазута и транспортного топлива). Обессеривание производят в две стадии. На первой стадии сероводород частично окисляется до оксида серы (IV), на второй стадии образовавшийся SO₂ используется для реакции с оставшимся сероводородом, при этом образуется элементарная сера.

Схема реакции процесса Клауса:



Природный газ перед использованием обычно очищают от соединений серы. Очистка природного газа от сероводорода необходима, т.к. он ядовит: поражает слизистые оболочки, дыхательные органы, а также обладает высокой коррозионной активностью. Его ПДК в атмосферном воздухе составляет $0,008 \text{ мг/м}^3$, в воздухе рабочей зоны – 10 мг/м^3 . В природном газе, транспортируемом по трубопроводам, концентрация сероводорода должна быть снижена до минимально возможных значений, чтобы избежать коррозии трубопроводов.

Наиболее простым в химическом отношении способом очистки природного газа от сероводорода является вакуум-карбонатный метод. Он основан на абсорбции сероводорода раствором карбоната натрия или калия (обратимый экзотермический процесс):



Виды загрязнений городского воздуха
(по У.Слейбо, Т.Персонс. Общая химия, М., 1979 г.)

Загрязнение	Содержание, % по отношению ко всем примесям
Оксид углерода (II) CO	48,5
Оксиды азота NO _x	15,0
Углеводороды C _x H _y	8,0
Оксиды серы SO _x	14,9
Твердые частицы	13,7

Роль транспорта в загрязнении окружающей среды. Экологические последствия применения этилированного бензина. Самым сильным загрязнителем воздуха является CO, более половины количества которого создает транспорт. Выхлопные газы состоят из нескольких компонентов. Большая часть горючего при сгорании превращается в оксид углерода (IV).

Бензин + кислород = оксид углерода (IV) + вода.

Часть горючего остается несгоревшей, а часть сгорает не полностью, превращаясь в угарный газ. Кроме того, содержащийся в воздухе азот в условиях работы двигателя внутреннего сгорания соединяется с кислородом, образуя оксиды азота.

Реакции с участием азота протекают в две последовательные стадии:



Азот превращается в NO_2 лишь частично, так как для протекания второй из этих реакций требуется более высокая температура, а выхлопные газы, покидающие двигатель, быстро остывают. Таким образом, автомобиль загрязняет атмосферу в основном такими газами, как CO , NO и частично NO_2 .

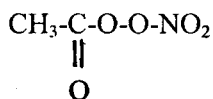
Октановое число. Моторное топливо должно обладать максимальной устойчивостью к детонации. *Детонация* в двигателях внутреннего сгорания связана с преждевременным воспламенением горючей смеси. Это вызывает снижение мощности мотора и его преждевременный износ.

Наиболее легко детонируют углеводороды нормального строения, например *n*-гептан, стойкость к детонации которого принята за нуль. Наименее детонируют разветвленные углеводороды, например, изооктан (2,2,4-триметилпентан). Его стойкость к детонации принята за 100. Поэтому качество всех бензинов обычно оценивают с помощью «*октанового числа*». Так, если октановое число бензина равно 72, то это означает, что он ведет себя так же, как смесь 72% изооктана и 28% *n*-гептана.

Автомобильные выхлопные газы являются основной причиной попадания в атмосферу значительных количеств свинца. В течение многих лет в качестве антидетонирующей добавки к бензину, снижающей скорость его сгорания в цилиндре двигателя внутреннего сгорания и обеспечивающей более равномерное давление на поршень, используется тетраэтилсвинец $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$. Образующиеся при его разложении соединения свинца широко распространяются в атмосфере воздушными потоками, в результате концентрация свинца в отдаленных районах оказывается всего в два раза ниже, чем около дорог.

Существуют более эффективные антидетонаторы, чем тетраэтилсвинец, которые не являются ядовитыми и не загрязняют воздух. Одним из них является марганецорганическое соединение типа $\text{C}_5\text{H}_5\text{Mn}(\text{CO})_3$. Применение таких антидетонаторов позволяет получать топливо с октановым числом до 135.

Загрязнения воздуха, образуемые автомобильными выхлопными газами, содержат углеводороды, и часть кислорода или озона реагирует с ними по свободнорадикальному механизму с образованием разнообразных органических соединений. Появление свободных радикалов возможно в условиях работы автомобильных двигателей, и кроме того, они могут возникать при реакциях с атомарным кислородом. Продуктами протекающих реакций оказываются альдегиды, кетоны и пероксиды. Органические вещества, которые образуются из углеводородов, накапливаясь в воздухе, оказывают раздражающее действие на организм человека. Одним из таких раздражителей является пероксиацетилнитрат,



обнаруживаемый в городском воздухе.

Теплоэлектростанции являются источником образования оксидов азота (NO и NO₂) из соединений азота, являющихся компонентами твердого топлива, источником выброса в атмосферу твердых загрязнителей: дыма и золы.

Задачи к теме 8

8.1. а) Как называется процесс расщепления углеводородов на алканы и алкены с более короткой длиной цепи, применяющийся при переработке нефти? б) Смесь изооктана (2,2,4-триметилпентан) и н-гептана с октановым числом 10 можно рассматривать как 10%-ный раствор изооктана в н-гептане. Рассчитайте молярную концентрацию изооктана в н-гептане, если плотность раствора $\rho = 0,68 \text{ г/см}^3$.

8.2. а) Как называется процесс окисления углеводорода до оксида углерода (IV) и воды? б) Рассматривая смесь изооктана (2,2,4-триметилпентана) и н-гептана как раствор с октановым числом 90, рассчитайте молярную концентрацию н-гептана в изооктане. Плотность раствора $0,69 \text{ г/см}^3$.

8.3. а) Как называется процесс первичного разделения нефти на отдельные полезные фракции? б) Какой объем углекислого газа (при н.у.) образуется при полном сгорании 5л бензина, считая его состав соответствующим формуле октана C₈H₁₈. Плотность октана принять равной $0,692 \text{ г/см}^3$.

8.4. Тетраэтилсвинец – важнейший антидетонатор для двигателей внутреннего сгорания. По имеющимся данным, в ФРГ в 1969 г. в двигателях грузовых машин было сожжено около 15 млн. тонн этилированного бензина. Рассчитайте массу выброшенного в атмосферу оксида свинца (II), если молярная концентрация антидетонатора в бензине составляет $2 \cdot 10^{-3}$ моль/л, а плотность бензина равна 750 г/л.

8.5. Одним из способов очистки природного газа от сероводорода является вакуум-карбонатный метод. Он основан на абсорбции сероводорода раствором карбоната натрия или калия (экзотермический процесс):



Из отработанных растворов кислых солей поглотитель регенерируют, используя свойство обратимости реакции. Как следует изменить давление и температуру в процессе регенерации по сравнению с процессом поглощения сероводорода, чтобы добиться десорбции H_2S , т.е. сдвига равновесия влево?

8.6 Для изучения работы двигателя был приготовлен 1 кг двухкомпонентной смеси изооктана (2,2,4-триметилпентана) и н-гептана. Определите, какой объем каждого компонента необходимо взять для приготовления образцов топлива с октановыми числами: а) 10; б) 20; в) 40; г) 60; д) 80; е) 100. Для расчета воспользуйтесь справочными данными $\rho_{\text{изоокт.}} = 0,69 \text{ г/см}^3$, $\rho_{\text{н-гептана}} = 0,68 \text{ г/см}^3$.

8.7. а) Какие виды крекинга вы знаете и чем они отличаются?
б) Энергия активации крекинга пропана составляет 220 кДж/моль. Вычислите отношение скоростей этой реакции при 850К и 750К ($R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$)

8.8. Назовите основные методы переработки нефти. Какие процессы переработки нефти можно отнести к физическим?

Тема 9. ГАЛОГЕНАЛКАНЫ

1. Галогеналканы, получение. Химические свойства: реакции замещения галогена, проходящие по механизму S_N1 и S_N2 ; реакции элиминирования (дегидрогалогенирования). Токсичность хлорпроизводных углеводородов.

2. Получение из галоидных алкилов различных классов органических веществ. Применение галогеналканов. Фреоны, причины запрещения их производства.

О кинетике реакций замещения см. [4] – М.: Фримантл., с. 356-358.

Галогеналканы, промышленные методы получения. Согласно номенклатурным правилам ИЮПАК, галогеналканами называются моногалогенопроизводные алканов. Другое их название – «алкилгалогениды». Промышленное производство органических галогеносодержащих соединений основано на углеводородном сырье, образующемся в процессе переработки нефти. Галогеналканы получают либо прямым галогенированием соответствующих алканов, либо присоединением галогеноводорода к алкенам. Промышленное получение галогеналканов осуществляется также из спиртов и галогеноводородов в присутствии катализатора.

Реакция элиминирования протекает в соответствии с правилом Зайцева: при дегидрогалогенировании водород отщепляется предпочтительно от соседнего, наименее гидрогенизированного атома углерода.

Фреоны, причины запрещения их производства. Фреоны – это техническое название хлорфторуглеродов. Одним из важнейших фреонов является дихлордифторметан. Он используется в качестве хладагента и распыляющего средства для аэрозолей. Фреоны не имеют запаха, не горючи, характеризуются низкой токсичностью, используются в качестве растворителей. В последнее время выяснилось, что широкое применение фреонов главным образом CF_2Cl_2 и CFCl_3 в качестве распыляющего средства для аэрозолей приводит к проникновению этих газов в верхние слои атмосферы, где фреоны разлагаются под действием жесткого ультрафиолетового солнечного излучения с образованием атомарного хлора. Хлор, в свою очередь, катализирует разложение озонового слоя в верхней атмосфере, который играет роль защитного фильтра, предохраняющего жизнь на Земле от солнечной радиации. Поэтому в настоящее время рассматривается вопрос о полном запрещении использования фреонов в качестве распылителей для аэрозолей.

Задачи к теме 9

9.1. При гидролизе бромалканов какой либо щелочью в водном растворе этанола происходит реакция нуклеофильного замещения. Что означает термин нуклеофильное замещение?

Напишите полное уравнение реакции 1-бромпропана с гидроксильным анионом;

В написанной реакции укажите:

1) продукт замещения; 2) нуклеофил; 3) уходящую группу.

Уравнение скорости написанной вами реакции имеет вид:

$$V = k [C_3H_7Br] [OH^-]$$

а) каков суммарный порядок этой реакции?

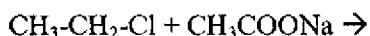
б) в каких единицах измеряется константа скорости k ?

в) как скажется на скорости реакции удвоение концентрации гидроксильных ионов?

г) основываясь на кинетических данных о реакции гидролиза 1-бромпропана, сделайте предположение о механизме этой реакции (S_N1 или S_N2)?

д) нарисуйте энергетический профиль данной реакции.

9.2. Допишите уравнение реакции и назовите продукты:



9.3. Комбинацией какого галогензамещенного алкана и нуклеофила может быть получен 2-метил-2-нитропропан? Напишите уравнение реакции.

В написанной реакции укажите:

а) продукт замещения; б) нуклеофил; в) уходящую группу.

2) сделайте предположение о механизме этой реакции (S_N1 или S_N2)?

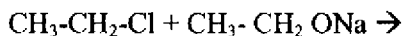
Напишите кинетическое уравнение для рассматриваемой реакции;

а) каков порядок этой реакции?

б) в каких единицах измеряется константа скорости k ?

в) как скажется на скорости реакции удвоение концентрации нуклеофила?

9.4. Допишите уравнение реакции и назовите продукты:



9.5. При гидролизе галогеналканов какой-либо щелочью в кипящем водном растворе этанола происходит реакция S_N

а) какой механизм обозначается символом S_N ?

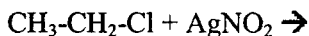
б) напишите полное уравнение реакции 2-бром-2-метилпропана с гидроксильным анионом;

В написанной реакции укажите:

1) продукт замещения; 2) нуклеофил; 3) уходящую группу.
Уравнение скорости рассматриваемой реакции имеет вид

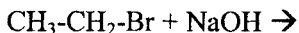
$$V = k [(CH_3)_3 CBr]$$

- каков порядок этой реакции?
 - в каких единицах измеряется константа скорости k ?
 - как скажется на скорости реакции удвоение концентрации гидроксильных ионов?
 - основываясь на кинетических данных о реакции гидролиза 2-бром-2-метилпропана, сделайте предположение о механизме этой реакции (S_N1 или S_N2)?
 - нарисуйте энергетический профиль данной реакции.
- 9.6. Допишите уравнение реакции и назовите продукты:



9.7. Комбинацией какого галогензамещенного алкана и нуклеофила может быть получен диметилловый эфир? Напишите уравнение реакции.

- в написанной реакции укажите:
 - продукт замещения;
 - нуклеофил;
 - уходящую группу.
 - сделайте предположение о механизме этой реакции (S_N1 или S_N2)?
 - напишите кинетическое уравнение для рассматриваемой реакции;
 - каков порядок этой реакции?
 - в каких единицах измеряется константа скорости k ?
 - как скажется на скорости реакции удвоение концентрации нуклеофила?
 - нарисуйте энергетический профиль данной реакции.
- 9.8. Допишите уравнение реакции и назовите продукты:



9.9. При гидролизе хлоралканов какой-либо щелочью в кипящем водном растворе этанола происходит реакция нуклеофильного замещения.

- что означает термин нуклеофильное замещение?
 - напишите полное уравнение реакции 1-хлорпропана с гидроксильным анионом;
- Уравнение скорости рассматриваемой реакции имеет вид

$$V = k [C_3H_7Cl] [OH^-]$$

- а) каков суммарный порядок этой реакции?
 б) в каких единицах измеряется константа скорости k ?
 в) как скажется на скорости реакции удвоение концентрации гидроксильных ионов?
 г) основываясь на кинетических данных о реакции гидролиза 1-хлорпропана, сделайте предположение о механизме этой реакции (S_N1 или S_N2)?
 д) нарисуйте энергетический профиль данной реакции.
- 9.10. Допишите уравнение реакции и назовите продукты:



9.11. Комбинацией какого галогензамещенного алкана и нуклеофила может быть получен этилацетат? Напишите уравнение реакции.

- 1) в написанной реакции укажите:
 а) продукт замещения; б) нуклеофил; в) уходящую группу.
 2) сделайте предположение о механизме этой реакции (S_N1 или S_N2)?
 3) напишите кинетическое уравнение для рассматриваемой реакции;
 а) каков порядок этой реакции?
 б) в каких единицах измеряется константа скорости k ?
 в) как скажется на скорости реакции удвоение концентрации нуклеофила?

9.12. Допишите уравнение реакции и назовите продукты:



9.13. При гидролизе бромалканов какой-либо щелочью в кипящем водном растворе этанола происходит реакция нуклеофильного замещения.

- а) что означает термин нуклеофильное замещение?
 б) напишите полное уравнение реакции 1-бромэтана с гидроксильным анионом;

Уравнение скорости рассматриваемой реакции имеет вид

$$V = k [\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}] [\text{OH}^-]$$

- а) каков суммарный порядок этой реакции?
 б) в каких единицах измеряется константа скорости k ?
 в) как скажется на скорости реакции удвоение концентрации гидроксильных ионов?

г) основываясь на кинетических данных о реакции гидролиза 1-бромэтана, сделайте предположение о механизме этой реакции (S_N1 или S_N2)?

д) нарисуйте энергетический профиль данной реакции.

9.14. Допишите уравнение реакции и назовите продукты:



9.15. Комбинацией какого галогензамещенного алкана и нуклеофила может быть получен метилмеркаптан? Напишите уравнение реакции.

1) в написанной реакции укажите:

а) продукт замещения; б) нуклеофил; в) уходящую группу.

2) сделайте предположение о механизме этой реакции (S_N1 или S_N2)?

3) напишите кинетическое уравнение для рассматриваемой реакции;

а) каков порядок этой реакции?

б) в каких единицах измеряется константа скорости k ?

в) как скажется на скорости реакции удвоение концентрации нуклеофила?

4) нарисуйте энергетический профиль данной реакции.

9.16. Допишите уравнение реакции и назовите продукты:



9.17. При гидролизе галогеналканов какой-либо щелочью в кипящем водном растворе этанола происходит реакция S_N

а) какой механизм обозначается символом S_N ?

б) напишите полное уравнение реакции 2-хлор-2-метилпропана с гидроксильным анионом;

Уравнение скорости рассматриваемой реакции имеет вид:

$$V = k [(\text{CH}_3)_3 \text{CCl}]$$

а) каков порядок этой реакции?

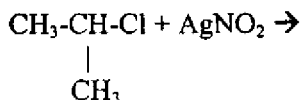
б) в каких единицах измеряется константа скорости k ?

в) как скажется на скорости реакции удвоение концентрации гидроксильных ионов?

г) основываясь на кинетических данных о реакции гидролиза 2-хлор-2-метилпропана, сделайте предположение о механизме этой реакции (S_N1 или S_N2)?

д) нарисуйте энергетический профиль данной реакции.

9.18. Допишите уравнение реакции и назовите продукты:



9.19. Комбинацией какого галогензамещенного алкана и нуклеофила может быть получен этилацетат? Напишите уравнение реакции.

1) в написанной реакции укажите:

а) продукт замещения;

б) нуклеофил;

в) уходящую группу.

2) сделайте предположение о механизме этой реакции (S_N1 или S_N2)?

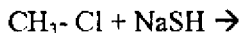
3) напишите кинетическое уравнение для рассматриваемой реакции;

а) каков порядок этой реакции?

б) в каких единицах измеряется константа скорости k ?

в) как скажется на скорости реакции удвоение концентрации нуклеофила?

9.20. Допишите уравнение реакции и назовите продукты:



Тема 10. АЛКЕНЫ

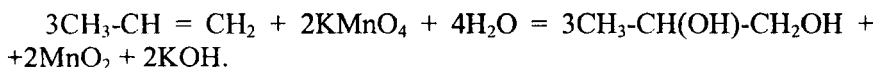
1. Алкены, номенклатура, изомерия (структурная и геометрическая, цис- трансизомеры, Z,E-изомеры), реакции получения алкенов (дегидрирование алканов, дегидратация спиртов, дегидрогалогенирование галогензамещенных алканов).

2. Алкены, физические свойства. Химические свойства (реакции присоединения, полимеризации). Механизм реакции присоединения. Правило Марковникова. Реакции окисления перманганатом калия, озонлиз. Экологические аспекты.

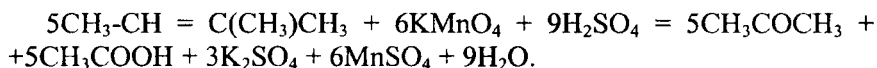
Об алкенах достаточно много информации практически во всех учебниках. Можно воспользоваться учебником [5] – А.И.Артеменко., с. 59-69.

Отдельный интерес представляют реакции окисления алкенов перманганатом натрия, которые можно проводить в различных условиях. В условиях окисления по Вагнеру, т.е. при взаимодействии

алкена с водным раствором перманганата калия на холоду (+ 10° С), окисление протекает без разрыва двойной связи и приводит к образованию диолов. Эта реакция является качественной реакцией на двойную связь.



Действие перманганата калия на алкены в более жестких условиях, например в присутствии серной кислоты приводит к полному разрыву двойной связи. При этом по месту разрыва из алкена образуются карбоновые кислоты или кетоны в зависимости от того, есть ли разветвление углеродной цепи непосредственно у двойной связи.



Подобным же образом действует на алкены хромовая смесь при нагревании. Идентификация продуктов реакции позволяет выяснить структуру исходного алкена.

Об экологических аспектах действия алкенов на организм человека и окружающую среду можно прочесть в учебнике [1] – В.Г. Иванов., с. 135.

Задачи к теме 10

10.1. Напишите полные структурные формулы следующих соединений: циклопентен; циклогексен. Напишите реакции их гидрирования, укажите условия протекания реакций, назовите продукты.

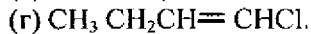
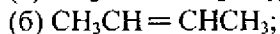
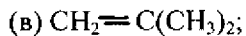
10.2. Дегидратацией каких спиртов можно получить 2-метилбутен-2 и 4-метилпентен-1? Напишите уравнения реакций.

10.3. Какой тип реакций характерен для алкенов? Приведите по одному примеру реакций каждого типа.

10.4. Соединение состава C_6H_{12} дает при озоноллизе только ацетон. Напишите структурную формулу предполагаемого исходного соединения и назовите его. Объясните выбор исходного вещества и напишите уравнение реакции его озоноллиза.

10.5. Приведите структурные формулы ненасыщенных соединений с двумя (*цис*-, *цис*) и тремя (*цис*-, *транс*, *цис*-) сопряженными двойными связями. Назовите эти соединения.

10.6. Какие из следующих алкенов могут существовать в виде геометрических изомеров?



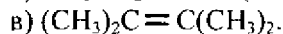
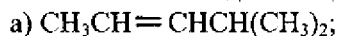
Объясните ваш выбор. Для тех структур, где возможна геометрическая изомерия, приведите структурные формулы возможных изомеров и назовите их, привлекая *Z,E*-номенклатуру.

10.7. Каким образом можно использовать качественные реакции на двойную связь для отделения этана от примесей этилена? Напишите соответствующие уравнения реакции и предложите примерное аппаратное оформление реакции.

10.8. Какое соединение образуется при полном насыщении бутена-1 хлороводородом?

а) 1-хлорбутен-1; б) 2-хлорбутен-1; в) 1,2-дихлорбутан; г) 2,2-дихлорбутан.

10.9. Соединение состава C_6H_{12} дает при озонлизе два продукта, один из которых ацетон. Какая из нижеприведенных структур представляет собой исходное соединение:



Подтвердите ваш выбор написанием уравнения реакции.

10.10. Реакции с какими соединениями нельзя рассматривать как качественные на кратные связи?

а) хлороводородом; б) бромом; в) перманганатом калия; г) оксидом углерода (IV);

10.11. Какое соединение образуется при полном насыщении пропина хлороводородом?

а) 1-бромпропен-1; б) 2-бромпропен-1; в) 1,2-дибромпропан; г) 2,2-дибромпропан.

10.12. Какие вещества образуются при озонировании пропена. Напишите уравнение реакции и назовите продукты реакции.

10.13. Напишите уравнение присоединения брома к пропену в неводном растворителе. Назовите продукт реакции.

10.14. Напишите уравнение реакции присоединения хлороводорода к пропену при комнатной температуре. Назовите продукт реакции.

10.15. Концентрированная серная кислота при комнатной температуре (реакции экзотермическая) присоединяется по двойной связи алкена, образуя продукт, имеющий структурную формулу: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OSO}_3\text{H}$. Какой алкен был взят для реакции? Напишите уравнение реакции и назовите продукт. Добавление воды к этому продукту приводит к образованию спирта. Напишите уравнение реакции.

10.16. В процессе присоединения серной кислоты к алкену, двойная связь подвергается атаке со стороны частицы H^+ . Эта стадия является лимитирующей. Приведите обозначение механизма реакции по Ингольду.

10.17. Напишите формулировку правила Марковникова и приведите пример.

10.18. Действие перманганата калия в присутствии серной кислоты привело к образованию ацетона и уксусной кислоты. Какой алкен был взят для проведения реакции.

10.19. Напишите уравнения реакции, с помощью которых можно отделить пропан от примесей пропена.

10.20. Напишите уравнение реакции получения полиакрилонитрила. Где используется этот полимер?

Тема 11. ДИЕНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ И АЛКИНЫ

1. Диеновые углеводороды. Экологические аспекты.

2. Натуральный каучук. Получение синтетического каучука.

3. Алкины. Получение ацетилена (2 реакции). Химические свойства алкинов: реакции присоединения галогеноводородов, воды, карбоновых кислот, циановодорода, спиртов. Реакции окисления. Ацетилениды. Реакции димеризации и тримеризации ацетилена. Экологические аспекты.

Для проработки вышеуказанных вопросов по теме можно воспользоваться следующей литературой: [1] – В.Г. Иванов., с. 136-154; [5] – Л.И. Артеменко, с. 69-82.

Действие представителей данных классов соединений на организм человека и окружающую среду изложен в учебнике [1] – В.Г. Иванов., с. 143 и 154.

Задачи к теме 11

11.1 Назовите приведенные соединения и укажите, какое из них образует осадок с аммиачным раствором гидроксида серебра: а) $\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{CH}_3$; б) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$; в) $\text{CH}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_3$. Напишите соответствующее уравнение реакции.

11.2. Напишите уравнение реакции тримеризации ближайшего гомолога ацетилена.

11.3. Какая масса карбида кальция вступила в реакцию с водой, если при этом выделилось 5,6 л ацетилена?

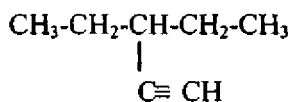
а) 28 г; б) 64 г; в) 5,6 г; г) 16 г.

11.4. Приведите формулы четырех углеводородов, каждый из которых будет принадлежать одному из следующих классов органических соединений: алкен, циклоалкен, алкадиен, алкин. Назовите каждое из приведенных соединений. Каким общим групповым названием можно их объединить?

11.5. Какой тип реакций характерен для ненасыщенных соединений (S_N , S_E , A_E , E)? Приведите пример реакции.

11.6. Напишите полные структурные формулы следующих соединений: циклопентен; циклопентадиен-1,3; циклогексен. Каким общим групповым названием можно их объединить?

11.7. Выберите правильное название соединения:



а) 3-этиллпентан; б) 3-этиллгексан; в) 3-этилпентин-1; г) 3-этилпентин-4.

Напишите уравнения реакции присоединения к нему двух молекул бромоводорода.

11.8. Какие виды изомерии характерны для алкинов?

а) структурная; б) цис-транс изомерия; в) изомерия положения кратной связи; г) оптическая изомерия;

Дайте объяснение по каждому из указанных видов изомерии. Для каких соединений возможны указанные виды изомерии. Приведите примеры.

11.9. Из предлагаемых соединений выберите изомеры 3-метилгексина-1:

а) гептин-2; б) 3-этилпентин-1; в) гексадиен-1,4; г) циклогептан;

Напишите структурные формулы всех вышеназванных соединений и уравнение реакции присоединения двух молекул хлороводорода к 3-метилгексину-1.

11.10. Из каких веществ в лаборатории и промышленности получают ацетилен?

а) глюкозы; б) этилового спирта; в) карбида кальция; г) метана; Напишите соответствующие уравнения реакции с указанием условий протекания реакции.

11.11. Реакции с какими соединениями можно рассматривать как качественные на кратные связи?

а) хлороводородом; б) бромом; в) перманганатом калия; г) оксидом углерода (IV);

Напишите уравнения реакций этих соединений с этиленом там, где это возможно.

11.12. Какой объем ацетилена при н.у. выделится из 20 кг карбида кальция?

а) 14 м³; б) 22,4 м³; в) 7 м³; г) 20 м³;

11.13. Какой объем воздуха потребуется для сжигания 24 м³ ацетилена, учитывая, что содержание кислорода в воздухе составляет 21% по объему?

а) 24 м³; б) 285,7 м³; в) 60 м³; г) 114,3 м³.

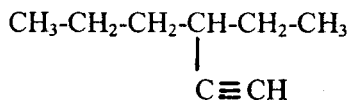
11.14. Выберите название соединения, которое образуется при полном насыщении бутин-1 хлороводородом?

а) 1-хлорбутен-1; б) 2-хлорбутен-1; в) 1,2-дихлорбутан; г) 2,2-дихлорбутан.

Напишите уравнение реакции.

11.15. Какие структурные признаки служат основанием для причисления углеводородов к классам алкинов или диеновых углеводородов? Напишите общие формулы обоих классов. Напишите структурную формулу 3-хлоргексадиена 2,4.

11.16. Дайте название соединению:



а) 4-этилгексан; б) 4-этилгексин-5; в) 3-пропилпентин-; г) 3-гилгексин-1.

11.17. Из предлагаемых соединений выберите гомологи гексина-1:
а) гексадиен-1,3; б) пентин-1; в) бутин-1; г) пентидиен-1,3;

Напишите структурные формулы всех названных соединений.
Дайте определение гомологического ряда.

11.18. Из предлагаемых соединений выберите изомеры 3-метилпентина-1:

а) гептин-2; б) гексадиен-1,3; в) гексин-1; г) циклогексен;

Напишите структурные формулы всех вышеназванных соединений и уравнение реакции присоединения двух молекул хлороводорода к 3-метилгексину-1. Назовите продукт этой реакции.

11.19. Какой объем ацетилену при н.у. можно получить из 30 м³ метана?

а) 30 м³; б) 15 м³; в) 60 м³; г) 7,5 м³.

11.20. Какой объем воздуха потребуется для сжигания 10,5 м³ пропана, учитывая, что объемная доля кислорода в воздухе составляет 0,21?

а) 200 м³; б) 21 м³; в) 50 м³; г) 42 м³.

Тема 12. АРЕНЫ

1. Бензол и его гомологи. Получение бензола и его гомологов ароматизацией алканов.

2. Механизм реакций электрофильного замещения (S_E) в ароматических соединениях. Примеры реакций электрофильного замещения (галогенирование, нитрование, сульфирование, реакции Фриделя-Крафтса).

3. Реакции присоединения к бензолу (присоединение галогенов, присоединения водорода). Реакции боковой цепи: окисление боковой цепи, радикальное галогенирование.

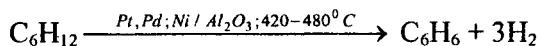
О классе аренов, номенклатуре и изомерии см. [1] – В.Г Иванов., с. 360-362. [5] – А.И. Артеменко., с. 133-136.

Бензол и его гомологи, источником которых служит нефть, в больших количествах потребляются промышленностью.

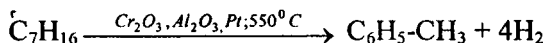
Получение бензола и его гомологов ароматизацией алканов. Большую часть бензола и его гомологов получают ароматизацией выделяемых из нефти алканов. Процесс ароматизации включает реакции дегидроциклизации и дегидрогенизации алканов (риформинг, платформинг), которые протекают при высоких температурах

и требуют присутствия катализаторов (оксидов металлов, благородных металлов).

Дегидрогенизация циклоалканов:



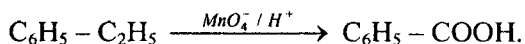
Дегидроциклизация и дегидрогенизация парафинов:



О реакциях электрофильного замещения в ароматических соединениях см. [1] – В.Г. Иванов., с. 367-372. О реакциях присоединения к бензолу и окисления бензольного кольца см. там же, с. 372-374.

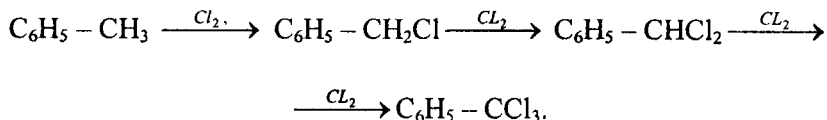
Реакции боковой цепи:

Окисление боковой цепи. Алкильные боковые цепи, присоединенные к бензольному кольцу окисляются легче, чем сам бензол. Сильные окислители, такие как перманганат калия в кислой среде или бихромат натрия окисляют алкильную боковую цепь независимо от ее длины до карбоксильной группы. Продуктом окисления моноалкилзамещенного является бензойная кислота.



Окисление диалкилзамещенных бензола приводит к дикарбоновым ароматическим кислотам. Например, жидкофазным окислением пара-ксилола в присутствии солей кобальта получают терефталевую кислоту (1,4-бензолдикарбоновую кислоту).

Радикальное галогенирование алкильных групп также происходит легче чем ароматического кольца. Тoluол и растворенный в нем хлор при облучении УФ-светом реагируют друг с другом, при этом происходит замещение в боковой цепи.



Задачи к теме 12

12.1. Выберите правильные предложения.

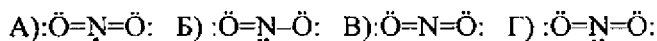
а) Галогены достаточно хорошие электрофилы, чтобы реагировать с бензолом в отсутствие катализатора.

б) Галогены недостаточно хорошие электрофилы и реагируют с бензолом в присутствии катализатора.

в) Хлор, пропущенный через жидкий бензол, при солнечном освещении приводит к образованию гексахлорбензола.

г) Хлор, пропущенный через жидкий бензол, при солнечном освещении приводит к образованию гексахлорциклогексана.

12.2. В реакции нитрования бензола электрофильной частицей является катион нитрония NO_2^+ . Какая из нижеприведенных структур Льюиса может быть использована для объяснения электронного строения катиона нитрония?



Для подтверждения правильности выбора приведите расчет заряда каждого атома во всех формулах Льюиса.

12.3. Среди указанных соединений найдите изомеры этилбензола?

а) метилбензол; б) пропилбензол; в) 1,3-диметилбензол; г) 1,2-диметилбензол.

Напишите структурные и молекулярные формулы всех названных соединений.

12.4. В каком положении относительно друг друга находятся замещающие группы у 1-метил-4-этилбензола? Напишите уравнение реакции окисления его перманганатом калия в кислой среде.

12.5) Какими способами можно получить бензол?

а) димеризацией ацетилена;

б) тримеризацией ацетилена;

в) дегидрогенизацией н-гексана;

г) дегидрогенизацией циклогексана.

Напишите соответствующие уравнения реакций с указанием условий их проведения.

12.6. Какое ароматическое соединение можно получить из н-гептана?

а) бензол; б) толуол; в) метилбензол; г) этилбензол.

Напишите соответствующее уравнение реакции с указанием условий ее проведения.

12.7. Какое ароматическое соединение можно получить из н-октана?
а) бензол; б) толуол; в) метилбензол; г) этилбензол.

Напишите соответствующее уравнение реакции с указанием условий ее проведения.

12.8. Какое ароматическое соединение можно получить из н-гексана?
а) бензол; б) толуол; в) метилбензол; г) этилбензол;

Напишите соответствующее уравнение реакции с указанием условий ее проведения.

12.9. Напишите механизм реакции электрофильного замещения водорода в бензоле молекулярным бромом с указанием условий реакции.

12.10. Напишите механизм реакции электрофильного замещения водорода в бензоле молекулярным хлором с указанием условий реакции.

12.11. Напишите механизм реакции электрофильного замещения водорода в бензоле концентрированной азотной кислотой в присутствии концентрированной серной кислоты.

12.12. Напишите механизм реакции электрофильного замещения водорода в бензоле концентрированной серной кислотой.

12.13. Напишите уравнение реакции Фриделя – Крафтса между бензолом и хлорэтаном.

12.14. Напишите уравнение реакции Фриделя-Крафтса между бензолом и бромпропаном.

12.15. В каком объемном отношении полностью реагируют между собой при сгорании пары толуола и кислород? Напишите соответствующее уравнение реакции.

12.16. Бензол хлорируется с сохранением ароматического кольца при условии:

а) на солнечном свете; б) в присутствии катализатора; в) при облучении УФ - светом; г) в присутствии серной кислоты.

12.17. Толуол и растворенный в нем хлор при облучении УФ-светом реагируют друг с другом, при этом происходит замещение в боковой цепи. Как обозначается механизм этой реакции по Ингольду?

а) S_N ; б) A_E ; в) S_E ; г) S_R .

Напишите уравнение реакции в случае образования тригалогензамещенного продукта. Назовите продукт реакции.

12.18. Бензойную кислоту можно получить окислением:

а) метилбензола; б) этилбензола; в) пропилбензола; г) терефталевой кислоты.

Напишите соответствующие уравнения реакции с указанием их условий.

12.19. При пропуске 30,24 л ацетилен (н.у.) над углем в качестве катализатора (при 650°C) образовалось вещество, горящее коптящим пламенем. Сколько граммов вещества образовалось, если выход реакции составляет 80%?

а) 6,2 г; б) 10,8 г; в) 14,02 г; г) 28,08 г.

Напишите несколько реакций, характерных для продукта реакции.

12.20. Реакцией Вюрца-Виттига было получено 300 г этилбензола с выходом 63% при условии 10%-ного избытка галоидного алкила. Какие исходные вещества и в каких количествах по массе были использованы в этой реакции?

Тема 13. ПРОИЗВОДНЫЕ БЕНЗОЛА

1. Классификация замещающих групп производных бензола (электронодонорные и электроноакцепторные, заместители 1 и 2 рода). Правила ориентации в реакциях замещения ароматических соединений.

2. Фенол. Химические свойства гидроксильной группы фенола (кислотные свойства в реакциях со щелочными металлами, со щелочами), образование простых и сложных эфиров. Реакции электрофильного замещения атомов водорода ароматического кольца фенола (нитрование, бромирование).

3. Промышленное применение фенола: образование фенолоформальдегидных пластмасс. Ароматические углеводороды и окружающая среда.

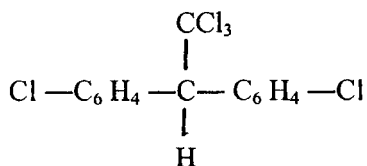
4. Многоядерные ароматические соединения, их канцерогенное действие. Диоксины.

Правила ориентации в реакциях электрофильного замещения см. [1] – В.Г. Иванов, с. 377-386 или [5] – А.И. Артеменко, с. 272-275.

О фенолах, их реакциях и направлениях применения можно прочитать в [1] – В.Г. Иванов, с. 409-422.

Ароматические углеводороды играют значительную роль в загрязнении окружающей среды. Так, большинство, еще недавно так широко применяемых в сельском хозяйстве пестицидов и гербицидов, имеют ароматическое кольцо и атомы хлора в качестве заместителей.

«В 1940 г. швейцарский химик П. Мюллер предложил использовать для борьбы с вредителями сельского хозяйства синтезированный им дихлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ).



Ученый за это изобретение впоследствии был удостоен Нобелевской премии.

Широкому применению ДДТ помешало обнаружение того факта, что этот препарат вредно действует на все живые организмы. Выяснилось, что ДДТ, также как и другие пестициды, обладает кумулятивным действием, оказывая на организм тяжелые последствия, токсические и мутагенные. Благодаря устойчивости ДДТ накапливается и передается по пищевым цепям – от растений к травоядным животным, от них – к хищникам, при этом в каждом последующем звене пищевой цепи содержание ДДТ увеличивается в 10 раз. Когда в США обнаружили, что концентрация ДДТ в молоке кормящих матерей в 4 раза превышает предельно допустимую, его применение было запрещено. С 1970 г. использование ДДТ запрещено в СССР.

В последние десятилетия совершается переход от очень опасных и устойчивых органохлоридов типа ДДТ к быстро разлагающимся фосфоорганическим карбаматам и пиретроидам. Пиретроиды представляют собой сложные эфиры замещенных циклопропанкарбоновых кислот, а также вещества, имеющие структурное сходство с ними. Они отличаются значительно более низкими нормами расхода. Так, их достаточно вносить в почву 10-20 г на 1 га посевов, а ДДТ требовалось 2-3 кг, т.е. в сотни раз больше. Кроме того, они легко деградируют, не образуя опасных для людей и окружающей среды веществ. К известным пиретроидам относится перметрин, а среди последних разработанных соединений такого рода – быстродействующий инсектицид тробонэтофенпрокс.

Более подробно об ароматических углеводородах и загрязнении окружающей среды, а также о многоядерных ароматических соединениях, их канцерогенном действии и о диоксинах см. [1] – В.Г. Иванов, с. 480; 501-502; 514-516; 571.

Задачи к теме 13

13.1. Основой жевательной резинки в настоящее время служит в основном синтетический сополимер стирола с бутадиеном. Напишите реакцию образования этого сополимера из соответствующих мономеров.

13.2. При действии смеси концентрированных азотной и серной кислот на салициловый (2-гидроксibenзойный) альдегид получена смесь моно- и динитропроизводных. Напишите структурные формулы каждого из полученных изомеров и объясните, учитывая ориентирующее действие заместителей.

13.3. Расположите фенол, 2-нитрофенол, 2,4-динитрофенол и 2-метилфенол в порядке увеличения их кислотности, учитывая, что нитрогруппа является электроноакцепторной, а метильная группа – электронодонорная. Напишите структурные формулы этих соединений.

13.4. Расположите *p*-метилфенол, *p*-нитрофенол, и 2,4,6-тринитрофенол в порядке убывания кислотных свойств. Объясните ваш порядок.

13.5. Напишите структурные формулы а) *p*-нитрофенола; б) *m*-бромфенола; в) 2-бромфенола; г) пикриновой кислоты. У какого из этих соединений наиболее сильные кислотные свойства. Объясните, почему.

13.6 В каких условиях из бензола получается гексахлорциклогексан (гексахлоран)? Напишите уравнение реакции.

13.7. Установите строение углеводорода C_8H_6 , обесцвечивающего бромную воду, образующего белый осадок с аммиачным раствором оксида серебра, а при окислении дающего бензойную кислоту.

13.8. Раствор фенола в бензоле массой 180 г смешали с избытком бромной воды, при этом получили осадок бромпроизводного массой 59,1 г. Определите массовую долю фенола в растворе.

13.9. Какие сульфокислоты получатся в результате сульфирования следующих соединений (ориентация): хлорбензола, бензойной кислоты, этилбензола, нитробензола. Подтвердите ваш ответ уравнениями реакций.

13.10. Проведите нитрование соединений: а) хлорбензола; б) этилбензола; в) нитробензола; г) бензойной кислоты; д) фенола; е) *o*-нитроэтилбензола. Какие из них нитруются легче, чем бензол? Почему?

13.11. С помощью каких реактивов и в каких условиях можно осуществить следующие превращения: бензол \rightarrow этилбензол \rightarrow п-хлорэтилбензол \rightarrow п-хлорбензойная кислота. Ответ подтвердите уравнениями реакций.

13.12. Напишите уравнение реакции радикального хлорирования толуола (условия хлорирования – УФ-облучение). Какие продукты образуются в результате реакции?

13.13. С помощью каких реактивов и в каких условиях можно осуществить следующие превращения: бензол \rightarrow этилбензол \rightarrow бензойная кислота.

13.14. Толуол подвергается нитрованию смесью концентрированных азотной и серной кислот:

а) в мета-положение; б) в орто-положение; в) в пара-положение; г) по метильной группе.

13.15. Разделите следующие заместители на ориентанты I первого рода и ориентанты II рода: нитрогруппа, аминогруппа, алкильная группа, гидроксигруппа, галогены, карбоксильная группа.

13.16. Выберите правильное утверждение.

Фенол вступает в реакцию поликонденсации: а) с натрием; б) с формальдегидом; в) с гидроксидом натрия; г) с бромоводородом.

13.17. Фенолформальдегидная смола используется для получения:

а) формальдегида; б) фенола; в) пластмасс; г) этанола.

13.18. Напишите механизм реакции сульфирования этилбензола. Легче или труднее идет эта реакция по сравнению с реакцией сульфирования бензола и почему?

13.19. Напишите уравнения реакции окисления раствором перманганата в кислой среде следующих соединений: а) изопропилбензола; б) пропилбензола; в) о-ксилола; г) толуола.

13.20. При пропускании 44,8 л ацетилена над углем в качестве катализатора (при 650°C) образовалось вещество, горящее коптящим пламенем. Сколько граммов вещества образовалось, если выход реакции составляет 60%?

Тема 14. СПИРТЫ. АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

1. Спирты одноатомные. Номенклатура. Промышленное получение метанола и этанола. Химические свойства: реакция с активным металлом, реакции внутримолекулярной и межмолекулярной дегидратации,

горение, окисление, получение галогеналкана). Действие спиртов на организм человека.

2. Спирты многоатомные. Этиленгликоль и глицерин.

3. Простые эфиры. Альдегиды и кетоны: химические свойства.

О спиртах, простых эфирах, альдегидах и кетонах см. [1] -- В.Г. Иванов., с. 171-195; 198-221 или [5] – А.И. Артеменко., с. 98-131.

Задачи к теме 14

14.1. Напишите структурную формулу 2-метилпентанола-1. К какому типу спиртов он относится (первичный, вторичный или третичный)? Напишите уравнения реакций этого спирта, иллюстрирующие его химические свойства (реакция с активным металлом, реакции внутримолекулярной и межмолекулярной дегидратации, горение, окисление оксидом меди (II), получение галогеналкана). Назовите продукты, получаемые в этих реакциях. Во всех реакциях следует писать полные структурные формулы исходного спирта и продуктов реакции, а также указывать условия протекания реакций.

14.2. В технике термохимические свойства топлива обычно характеризуются его удельной теплотой сгорания, которая равна количеству теплоты, выделяющемуся при сгорании 1 кг жидкого или твердого топлива и 1 м³ газообразного топлива. Чем выше теплота сгорания топлива, тем больше его ценность. Рассчитайте удельную теплоту сгорания метанола при стандартных состояниях и 298К.

14.3. Какой объем абсолютированного (безводного) этилового спирта ($\rho=0,785 \text{ г/см}^3$) следует взять для приготовления 1л 40%-ного раствора плотностью, равной 0,935 г/см³?

а) 252 см³; б) 581 см³; в) 476 см³; г) 327 см³.

14.4. Для получения метилового спирта взяли 5,6 м³ оксида углерода (II) и 22,4 м³ водорода. Смесь газов нагрели в присутствии катализатора, получили 6 кг спирта. Рассчитайте выход спирта:

а) 25%; б) 50%; в) 75%; г) 95%.

14.5. Рассчитайте изменение энтальпии реакции получения метанола из H₂ и CO при стандартных условиях, а также константу равновесия реакции при 298К.

14.6. Если два вещества имеют близкую молекулярную массу, но сильно отличаются друг от друга температурой их кипения, то это часто связывают с образованием водородных связей в одном из веществ.

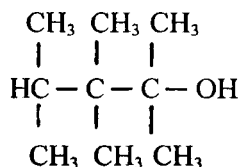
а) водородная связь – это межмолекулярная или внутримолекулярная связь? б) какими особенностями структуры должны обладать молекулы соединения, чтобы между ними могла возникнуть водородная связь? в) какова энергия разрыва водородной связи, больше или меньше энергии разрыва ковалентной связи?

14.7. Напишите структурные формулы изомеров состава C_4H_9OH . Назовите эти спирты. Из написанных веществ выберите любой вторичный спирт и напишите уравнение его реакции с натрием. В какой продукт может окисляться выбранный вами спирт. Напишите уравнение реакции. Назовите продукт.

14.8. Напишите структурные формулы четырех изомеров состава $C_5H_{11}OH$. Назовите эти спирты. Из написанных веществ выберите любой вторичный спирт и напишите уравнение его реакции с натрием. В какой продукт может окисляться выбранный вами спирт. Напишите уравнение реакции. Назовите продукт.

14.9. Напишите структурные формулы изомеров состава C_3H_7OH . Назовите эти спирты. Из написанных веществ выберите первичный спирт и напишите уравнение его реакции с натрием. В какие продукты (или продукт) может последовательно окисляться выбранный вами спирт. Напишите уравнения реакций. Назовите продукты (или продукт).

14.10. Назовите соединение по систематической номенклатуре:



- а) 1,1,2,2,3,3-гексаметилпропанол-1;
- б) 1,1,2,2,3,3-шестьметилпропанол-1;
- в) 2-метил-3,3-диметил-4-метилпентанол-2;
- г) 2,3,3,4-тетраметилпентанол-2.

14.11. Какие из указанных соединений являются гомологами 2-метилпентанола-2?

- а) пентанол-1; б) гексанол-2; в) 2-метилбутанол-1; г) этанол.

Напишите структурные формулы всех указанных веществ.

14.12. Какие из указанных соединений являются изомерами 2-метилбутанола-1?

- а) пентанол-1; б) метилбутиловый эфир; в) 2-метилпентанол-1; г) этилпропиловый эфир.

Напишите структурные формулы всех указанных веществ.

14.13. Какие из указанных соединений вступают в реакции, характерные для спиртов:

- а) C_2H_5-OH ; б) C_6H_5OH ; в) $C_6H_5-CH_2OH$; г) C_3H_7OH ;

14.14. Какой продукт образуется при окислении бутанола-2 оксидом меди (II)?

- а) бутанон; б) метилэтилкетон; в) бутанол-1; г) ацетон.

14.15. Какие из следующих соединений взаимодействуют с гидроксидом натрия?

- а) глицерин; б) этиленгликоль; в) этанол; г) фенол.

14.16. Сложные эфиры образуются при реакции этилового спирта:

- а) с азотной кислотой; б) с серной кислотой; в) с метиловым спиртом; г) с пропионовой кислотой;

14.17. Спирты можно получить:

- а) из галогенопроизводных углеводов; б) окислением алканов; в) окислением альдегидов; г) гидролизом сложных эфиров.

14.18. При действии избытка натрия на раствор пропилового спирта выделился водород объемом 4,48 л (н.у.). Какова массовая доля спирта в растворе, если раствора было взято 240 г?

14.19. Какие из указанных соединений вступают в реакции, характерные для фенолов:

- а) C_2H_5-OH ; б) C_6H_5OH ; в) $C_6H_5-CH_2OH$; г) C_3H_7OH .

14.20. Чему равен объем водорода, выделившийся при взаимодействии натрия, массой 2,3 г с этиловым спиртом, массой 13,8 г?

Тема 15. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

1. Одноосновные карбоновые кислоты. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства: получение ангидридов, амидов и α -хлорпроизводных карбоновых кислот. Двухосновные карбоновые кислоты. Непредельные карбоновые кислоты. Константа кислотности и pK_a .

2. Ацетатный буферный раствор. Расчет pH буферного раствора.

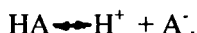
3. Высшие карбоновые кислоты. Мыла.

4. Сложные эфиры и жиры. Твердые и жидкие жиры.

5. Поверхностно-активные вещества. Синтетические моющие средства на основе органических сульфокислот. Загрязнение окружающей среды ПАВ.

Карбоновые кислоты – это органические соединения, содержащие одну (одноосновные) или несколько (двухосновные, трехосновные и т.д.) карбоксильных групп COOH .

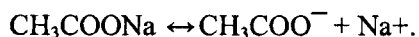
Как следует уже из названия, карбоновые кислоты проявляют кислые свойства в водных растворах. Сила кислоты характеризуется либо константой кислотности K_a , либо показателем кислотности pK . Константа кислотности кислоты HA определяется выражением $K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$, что отвечает процессу диссоциации слабой кислоты.



Чем выше константа диссоциации, тем более сильной является кислота, тем более сдвинуто равновесие процесса диссоциации кислоты вправо. Показатель константы диссоциации определяется как $pK = -\lg K_a$. Более сильная кислота имеет меньшее значение pK . Численно $pK = pH$, при котором кислота ионизирована наполовину.

Более подробно о карбоновых кислотах, их физических и химических свойствах см. [1] – В.Г. Иванов., с. 222-253 или [5] – А.И. Артеменко., с. 133-149.

Буферные растворы. Буферный раствор характеризуется тем, что внесение в него малых количеств кислоты или щелочи не влияет на значение pH (он как бы «сопротивляется» этому изменению). Буферным действием обладают растворы слабых кислот и их растворимых солей (например, раствор уксусной кислоты и ацетата натрия) или слабых оснований и их растворимых солей. Используя определенные слабые кислоты и их соли в рассчитанных концентрациях, можно приготовить буферный раствор с определенным значением pH . Принцип действия ацетатного буферного раствора, представляющего собой смесь раствора уксусной кислоты и ацетата натрия можно представить следующим образом: ацетат натрия – сильный электролит и диссоциирует на ионы полностью:

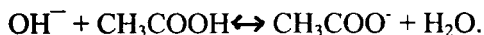


Уксусная кислота – слабая, на ионы диссоциирует только часть ее молекул:



Если теперь к буферному раствору с установившимся равновесием прилить некоторое количество кислоты, то добавленные катионы водорода свяжутся с ацетат-анионами, которых образовалось в большом количестве за счет диссоциации ацетата натрия. Поскольку добавленные ионы водорода свяжутся в малодиссоциирующую уксусную кислоту, $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$, их количество существенно не изменится, поэтому pH раствора значительно не изменится.

Если теперь к буферному раствору добавить щелочь, то добавление ионов OH^- с одной стороны, усилит диссоциацию уксусной кислоты, а с другой, дополнительно высвободившееся в результате диссоциации катионы водорода свяжет в молекулы воды.



В итоге pH раствора также значительно не изменится.

Значение **pH буферного раствора**, содержащего слабую кислоту и ее соль, образованную при реакции между этой кислотой и сильным основанием, можно вычислить следующим образом:

$$pH = pK_a + \lg \frac{C_{\text{соль}}}{C_{\text{кислоты}}}$$

О высших карбоновых кислотах и мылах, сложных эфирах и жирах, а также синтетических поверхностно-активных веществах можно прочитать в учебнике: [5] – А.И. Артеменко, с. 146-149; 157-163; 322-330.

Задачи к теме 15

15.1 Укажите гомологи муравьиной кислоты:

а) валериановая кислота; б) акриловая кислота; в) олеиновая кислота; г) пальмитиновая кислота.

15.2. Какие методы получения уксусной кислоты относятся к промышленным?

а) из ацетата натрия; б) из метанола; в) окислением этанола; г) из продуктов пиролиза древесины.

15.3. Карбоновые кислоты реагируют:

а) с металлическим магнием; б) с оксидом калия; в) с карбонатом натрия; г) с гидроксидом бария.

15.4. Среди приведенных кислот укажите самую сильную:

а) пропионовая; б) масляная; в) уксусная; г) хлоруксусная.

15.5. Какова масса уксусной кислоты, полученной из 56 л ацетилен (н.у.), если выход ее на последней стадии составляет 60%?

15.6. Растворимые в воде карбоновые кислоты окрашивают лакмус в:

а) красный цвет; б) синий цвет; в) оранжевый цвет; г) обесцвечивают лакмус.

15.7. Среди указанных соединений найдите изомеры 3-метилгептановой кислоты:

а) 3-метилгексановая кислота; б) октановая кислота; в) 2,3-диметилгексановая кислота; г) 2-метил-3-этилпентановая кислота.

15.8. Укажите гомологи метакриловой кислоты:

а) капроновая кислота; б) линолевая кислота; в) олеиновая кислота; г) стеариновая кислота.

15.9. Какие методы получения уксусной кислоты относятся к лабораторным?

а) окисление уксусного альдегида; б) из метанола; в) окисление бутана; г) из ацетата натрия.

15.10. Муравьиная кислота реагирует:

а) с сульфатом калия; б) с кальцием; в) с метанолом; г) с оксидом серебра.

15.11. Какой объем водорода потребуется для полного гидрирования 27,8 кг линолевой кислоты?

15.12. Массовая доля уксусной кислоты в водном растворе равна 60%. Определите молярность и молярную долю кислоты в растворе.

15.13. Рассчитайте массу твердого дигидрата щавелевой (этанedioвой) кислоты, которую необходимо взять для приготовления 1 л раствора с концентрацией щавелевой кислоты 0,1 н.

15.14. Даны соединения, проявляющие кислотные свойства: о-нитробензойная кислота ($K_a = 6,7 \cdot 10^{-3}$), муравьиная кислота ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$), борная кислота ($K_a = 5,8 \cdot 10^{-10}$). Найти pK_a данных

соединений и pH их 0,1M растворов. Расположите соединения в порядке возрастания их кислотности, укажите на зависимость между величинами pK и кислотностью соединений.

15.15. Мягкое каталитическое окисление бутана кислородом воздуха – один из промышленных способов получения уксусной кислоты.

а) напишите уравнение реакции;

б) рассчитайте массы уксусной кислоты и воды, которые получатся из 2 моль бутана, а также массу воды, которую следует добавить для получения раствора 10%-ной уксусной кислоты.

15.16. Синтез уксусной кислоты из метана включает следующие основные стадии превращений: метан → ацетилен → уксусный альдегид → уксусная кислота. Составьте уравнения реакций каждой стадии превращений.

15.17. Буферный раствор содержит уксусную кислоту ($K_a = 1,80 \cdot 10^{-5}$ моль/л), концентрации 0,1 М и ацетат натрия концентрации 0,1 М. Вычислите значение pH этого раствора.

15.18. Значение pH раствора, содержащего 0,10 моль/л уксусной кислоты и 0,40 моль/л ацетата натрия, равно 5,35. Найдите константу диссоциации кислоты.

15.19. Какую массу ацетата натрия следует растворить в 1л уксусной кислоты, имеющей концентрацию 0,01 моль/л, чтобы получить буферный раствор с pH 5,5.

15.20. Молочная кислота ($C_3H_6O_3$) при комнатной температуре представляет собой твердое вещество, в то время как близкая по структуре и молекулярной массе пропионовая кислота ($C_3H_6O_2$) – жидкость. Объясните этот факт. Напишите структурные формулы обеих кислот. Отметьте ассиметрические атомы углерода. Энантиомерные формы изобразите проекцией Фишера.

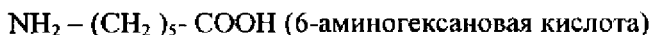
Тема 16. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

1. Амины. Классификация аминов. Номенклатура. Амины – основания Льюиса. Химические свойства аминов.

2. Ароматические амины, анилин, реакции диазотирования и азосочетания. Азокрасители.

3. Аминокислоты – амфотерные органические соединения. Катионные и анионные формы аминокислот. Изoeлектрическая точка аминокислот.

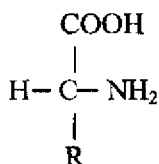
Аминокислоты – это амфотерные органические соединения, имеющие в своем составе по меньшей мере две функциональные группы, обладающие противоположными свойствами. Это аминогруппа, проявляющая основные свойства, и карбоксильная – с кислотными свойствами.



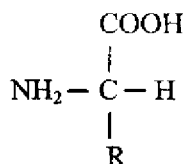
В ряду аминокислот принята нумерация углеродных атомов через буквы греческого алфавита. Буквой α обозначается второй углеродный атом, считая от карбоксильной группы, буквой β – третий, и т.д. Таким образом, 6-аминогексановую кислоту можно назвать ϵ -амнокапроновой кислотой.

Природные аминокислоты. Среди α -аминокислот выделяют группу из 20 аминокислот, которые входят в состав белков живых организмов. Природные аминокислоты отличаются радикалом, связанным с α -углеродным атомом. Эти радикалы могут содержать дополнительные функциональные группы (см. таблицу природных α -аминокислот).

Аминокислоты – оптически активные вещества. Все природные α -аминокислоты имеют α -асимметрический атом углерода, с которым связаны четыре различных заместителя (за исключением глицина): аминогруппа, карбоксильная группа, атом водорода и радикал, природа которого различная, в зависимости от аминокислоты.



D-аминокислоты



L-аминокислоты

Все аминокислоты, входящие в состав белков представляют собой L-изомеры.

Подробнее об аминокислотах, пептидах и белках см. [1] – В.Г. Иванов, с. 275-285.

Задачи к теме 16

16.1. Напишите структурную формулу этанамида (ацетамида), нитробензола, мочевины (карбамида), диметиламина.

16.2. Напишите структурную формулу метанамида (формамида), метилэтиламина, N-метилэтанамида, 1,3-динитробензола.

16.3. Напишите структурную формулу N-фенилацетамида, получающегося при реакции анилина с уксусной кислотой.

16.4. Укажите самое слабое основание:

а) метиламин; б) фениламин; в) пропиламин; г) аммиак.

16.5. Какие из приведенных соединений являются жидкостями при обычных условиях?

а) метанол; б) метиламин; в) анилин; г) бутан.

16.6. Укажите вещества, изомерные пропиламину:

а) метиламин; б) метилэтиламин; в) триметиламин; г) фениламин.

16.7. Какой из приведенных аминов является самым сильным основанием?

а) метиламин; б) аммиак; в) дифениламин; г) анилин.

16.8. С помощью какого реагента можно различить бензол и фениламин?

а) лакмуса; б) нитрата серебра; в) бромной воды; г) хлорида бария.

16.9. Какая масса анилина может быть получена из 369 г нитробензола при выходе 95%?

16.10. Укажите сумму коэффициентов в уравнении реакции горения пропиламина:

а) 43; б) 17; в) 24; г) 57.

16.11. Пропиламин проявляет химические свойства, характерные также для:

а) анилина; б) аммиака; в) метиламина; г) уксусной кислоты.

16.12. Диметиламин взаимодействует с:

а) водой; б) аммиаком; в) метиламином; г) соляной кислотой.

16.13. Укажите самое слабое основание:

а) аммиак; б) этиламин; в) анилин; г) метилэтиламин.

16.14. С какими из нижеперечисленных соединений бромная вода образует осадок?

а) фенол; б) бензол; в) анилин; г) этилен.

16.15. Способ получения анилина восстановлением нитробензола чугунными стружками носит название:

а) реакции Кучерова; б) реакции Зелинского; в) реакции Зинина; г) реакции Коновалова.

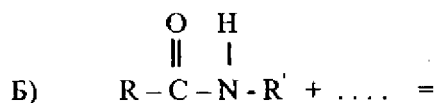
16.16. Приведите название предшественника метиламина в цепочке превращений: а) метан \rightarrow ? \rightarrow метиламин.

16.17. Азотистая кислота образует соли диазония при реакции: а) с третичными алифатическими аминами; б) с вторичными ароматическими аминами; в) с первичными ароматическими аминами; г) с первичными алифатическими аминами.

16.18. Какой объем воздуха затрачен на сжигание метиламина объемом 1,12 л? (Объемная доля кислорода в воздухе 0,21. Объемы газов измерены при н.у.)

16.19. Из 1,00 г анилина было получено 2,04 г N-бензоилфениламина $C_6H_5NHCO C_6H_5$. Рассчитайте выход продукта.

16.20. Закончите уравнения гидролиза. Какой называется тип гидролизующейся связи? К каким классам относятся продукты гидролиза?



Тема 17. ПОЛИМЕРЫ

1. Основные понятия в химии полимеров. Классификация.
2. Методы синтеза полимеров, реакции полимеризации и поликонденсации.
3. Деструкция полимеров. Виды деструкции.
4. Основные полимерные материалы и их применение. Полиэтилен и полипропилен как примеры стойких загрязнителей природной среды.

Эта тема достаточно подробно изложена в учебнике [5] – А.И. Артеменко, с. 352-411.

Задачи к теме 17

17.1. Реакции, в результате которых образуется полимер, называются:

- а) реакциями гидролиза;
- б) реакциями полимеризации;
- в) реакциями поликонденсации;
- г) реакциями гидрирования.

17.2. Эластичности изопренового каучука способствует:

а) цис-строение звеньев макромолекулы; б) транс-строение звеньев макромолекулы; в) добавление сажи; г) длительное хранение на воздухе.

17.3. Капроновое волокно получают в результате реакции:

а) полимеризации; б) гидролиза; в) гидратации; г) поликонденсации.

17.4. Разветвленную структуру молекулы имеет:

а) полиэтилен; б) фенолформальдегидная смола; в) крахмал; г) целлюлоза.

17.5. Натуральный каучук – это:

а) бутадиен-стирольный каучук; б) бутадиеновый каучук; в) изопреновый каучук; г) бутадиен-нитрильный каучук.

17.6. К синтетическим волокнам относятся:

а) лавсан; б) вискоза; в) капрон; г) нейлон.

17.7. К искусственным волокнам относятся:

а) лавсан; б) ацетатное волокно; в) капрон; г) нейлон.

17.8. Волокно капрон получают из:

а) этиленгликоля; б) терефталевой кислоты; в) ϵ -аминокапроновой кислоты; г) β -аминогексановой кислоты.

17.9. К группе полиамидных волокон относятся:

а) вискоза; б) лавсан; в) капрон; г) нейлон.

17.10. По структуре (геометрической форме) макромолекулы полимера разделяются на:

а) линейные; б) ударопрочные; в) пространственные; г) разветвленные.

17.11. По отношению к нагреванию полимеры делят на:

а) стереорегулярные; б) термопластичные; в) разветвленные; г) терморезистивные.

17.12. Полипропилен получают в результате реакции:

а) гидролиза; б) полимеризации; в) гидратации; г) поликонденсации.

17.13. Линейную структуру молекулы имеет:

а) полиэтилен; б) фенолформальдегидная смола; в) крахмал; г) целлюлоза.

17.14. К синтетическим волокнам не относятся:

а) лавсан; б) вискоза; в) капрон; г) ацетатное волокно.

17.15. К искусственным волокнам не относятся:

а) лавсан; б) ацетатное волокно; в) капрон; г) нейлон.

17.16. Волокно лавсан получают из:

а) этиленгликоля и терефталевой кислоты; б) 6-аминогексановой кислоты; в) лавсановой кислоты; г) терефталевой кислоты.

17.17. К группе полиэфирных волокон относятся:

а) вискоза; б) лавсан; в) капрон; г) нейлон.

17.18. Один из типов нейлона получают поликонденсацией диамина с двухосновной кислотой. Составьте уравнение реакции получения нейлона из гексадиамин-1,6 и себациновой (декандиовой) кислоты. Другой тип нейлона (нейлон-6) получают из мономера аминокaproновой кислоты $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$. Составьте уравнение полимеризации этого мономера.

17.19. Напишите уравнение реакции получения поливинилхлорида, используя ацетилен в качестве исходного соединения в цепочке химических реакций.

17.20. Напишите реакцию получения акрилонитрила. Какая частица в этой реакции является нуклеофильным реагентом? Как называется полимер, получаемый из акрилонитрила? Где используется этот полимер?

Список литературы

1. Иванов В.Г., Горленко В.А., Гева О.Н. Органическая химия. – М.: Мастерство, 2003.
2. Грандберг И.И. Органическая химия. – М.: Высш.шк., 1987.
3. Бенкс Дж. Названия органических соединений. – М.: Химия, 1980.
4. Фримантл М. Химия в действии: В 2 ч. Ч.2. – М.: Мир, 1991.
5. Артеменко А.И. Органическая химия. – М.: Высш.шк., 1987.
6. Г.Тейлор. Основы органической химии. – М.: Мир, 1989.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица III

Стандартные энтальпии образования $\Delta_f H^\circ(298\text{K})$, энтропии $S^\circ(298\text{K})$, энергии Гиббса образования $\Delta_f G^\circ(298\text{K})$ некоторых веществ

Вещество	$\Delta_f H^\circ(298\text{K})$, кДж/моль	$S^\circ(298\text{K})$, Дж.(моль·К)	$\Delta_f G^\circ(298\text{K})$, кДж/моль
C (графит)	0	5,7	0
CH ₄ (г.)	- 74,9	186,2	- 50,8
CCl ₄ (ж.)	- 135,4	214,4	- 64,6
CO (г.)	- 110,5	197,5	- 137,1
CO ₂ (г.)	- 393,5	213,7	- 394,4
CH ₃ OH	-238,7		-167,2
C ₂ H ₂ (г.)	226,8	200,8	209,2
C ₂ H ₄ (г.)	52,3	219,4	68,1
C ₂ H ₅ OH (ж.)	- 227,6	160,7	- 174,8
C ₂ H ₆ (г.)	- 89,7	229,5	- 32,9
C ₆ H ₁₂ O ₆ (глюкоза)	- 1273,0	-	- 919,5
C ₆ H ₆ (ж.)	82,9	269,2	129,7
H ₂ (г.)	0	130,5	0
H ₂ O (г.)	- 241,8	188,7	- 228,6
H ₂ O (ж.)	- 285,8	70,1	- 237,3
H ₂ S (г.)	- 21,0	205,7	- 33,3

Варианты контрольных заданий

Вариант	Наименования тем																
	1. Классификация	2. Номенклатура	3. Изомерия	4. Оптические изомерия	5. Кислотеор Льюиса	6. Классифик. реакц.	7. Алканы	8. Нефть	9. Галогеналканы	10. Алкены	11. Дienes	12. Арены	13. Прониз бензол	14. Спирты, альдегиды, кетоны	15. Кирпичи	16. Азотсодержащие	17. Полимеры
1	1.1	2.2	3.3-3.4	4.5	5.6	6.7	7.8	8.1	9.1; 9.2	10.9	11.10	12.11	13.12	14.13	15.14	16.15	17.16
2	1.2	2.3	3.5-3.6	4.6	5.7	6.8	7.9	8.2	9.3; 9.4	10.10	11.11	12.12	13.13	14.14	15.15	16.16	17.17
3	1.3	2.4	3.7-3.8	4.7	5.8	6.9	7.10	8.3	9.5; 9.6	10.11	11.12	12.13	13.14	14.15	15.16	16.17	17.18
4	1.4	2.5	3.9-3.11	4.8	5.9	6.10	7.11	8.4	9.7; 9.8	10.12	11.13	12.14	13.15	14.16	15.17	16.18	17.19
5	1.5	2.6	3.11-3.12	4.9	5.10	6.11	7.12	8.5	9.9; 9.10	10.13	11.14	12.15	13.16	14.17	15.18	16.19	17.20
6	1.6	2.7	3.13-3.14	4.10	5.11	6.12	7.13	8.6 а)	9.11; 9.12	10.14	11.15	12.16	13.17	14.18	15.19	16.20	17.1
7	1.7	2.8	3.15-3.16	4.11	5.12	6.13	7.14	8.6 б)	9.13; 9.14	10.15	11.16	12.1	13.18	14.19	15.20	16.1	17.2
8	1.8	2.9	3.17-3.18	4.12	5.13	6.14	7.15	8.6 в)	9.15; 9.16	10.16	11.17	12.2	13.19	14.20	15.1	16.2	17.3
9	1.9	2.10	3.19-3.20	4.13	5.14	6.15	7.16	8.6 г)	9.17; 9.18	10.17	11.18	12.3	13.20	14.1	15.2	16.3	17.4
10	1.10	2.11	3.21-3.22	4.14	5.15	6.16	7.17	8.6 д)	9.19; 9.20	10.18	11.19	12.4	13.1	14.2	15.3	16.4	17.5
11	1.11	2.12	3.23-3.24	4.15	5.16	6.17	7.20	8.6 е)	9.26; 9.27	10.19	11.20	12.5	13.2	14.3	15.4	16.5	17.6
12	1.12	2.13	3.25-3.26	4.16	5.17	6.18	7.1	8.7	9.1; 9.4	10.20	11.9	12.6	13.3	14.4	15.5	16.6	17.7
13	1.13	2.14	3.27-3.28	4.17	5.18	6.19	7.2	8.8	9.3; 9.6	10.8	11.1	12.7	13.4	14.5	15.6	16.7	17.8
14	1.14	2.15	3.29-3.30	4.18	5.19	6.20	7.3	8.3	9.5; 9.8	10.7	11.2	12.8	13.5	14.6	15.7	16.8	17.9
15	1.15	2.16	3.31-3.32	4.19	5.20	6.16	7.4	8.4	9.7; 9.10	10.6	11.3	12.9	13.6	14.7	15.8	16.9	17.10
16	1.16	2.17	3.33-3.34	4.20	5.1	6.15	7.5	8.5	9.9; 9.12	10.5	11.4	12.10	13.7	14.8	15.9	16.10	17.11
17	1.17	2.18	3.35-3.36	4.14	5.2	6.14	7.6	8.6 а)	9.11; 9.14	10.4	11.5	12.17	13.8	14.9	15.10	16.11	17.12
18	1.18	2.19	3.37-3.38	4.13	5.3	6.13	7.7	8.6 б)	9.13; 9.16	10.3	11.6	12.18	13.9	14.10	15.11	16.12	17.13
19	1.19	2.20	3.39-3.40	4.12	5.4	6.12	7.8	8.6 в)	9.15; 9.18	10.2	11.7	12.19	13.10	14.11	15.12	16.13	17.14
20	1.20	2.11	3.41-3.42	4.11	5.5	6.11	7.9	8.6 г)	9.17; 9.2	10.1	11.8	12.20	13.11	14.12	15.13	16.14	17.15
21	1.1	2.10	3.43-3.44	4.10	5.6	6.10	7.10	8.6 д)	9.19; 9.4	10.20	11.1	12.5	13.6	14.20	15.1	16.11	17.1
22	1.2	2.9	3.45-3.46	4.9	5.7	6.9	7.11	8.6 е)	9.17; 9.6	10.19	11.2	12.6	13.7	14.19	15.2	16.10	17.2
23	1.3	2.8	3.47-3.48	4.8	5.8	6.8	7.12	8.1	9.15; 9.8	10.18	11.3	12.7	13.8	14.18	15.3	16.9	17.3
24	1.4	2.7	3.49-3.50	4.7	5.9	6.7	7.13	8.2	9.13; 9.6	10.9	11.4	12.8	13.1	14.17	15.11	16.1	17.4
25	1.5	2.6	3.51-3.52	4.6	5.10	6.6	7.14	8.3	9.11; 9.4	10.10	11.5	12.9	13.2	14.16	15.12	16.2	17.5
26	1.6	2.5	3.53-3.54	4.5	5.11	6.5	7.15	8.4	9.9; 9.2	10.11	11.6	12.10	13.3	14.15	15.13	16.3	17.6
27	1.7	2.4	3.55-3.56	4.4	5.12	6.4	7.16	8.5	9.7; 9.20	10.12	11.7	12.14	13.4	14.14	15.4	16.4	17.7
28	1.8	2.3	3.57-3.58	4.3	5.13	6.3	7.17	8.6 а)	9.5; 9.18	10.13	11.8	12.15	13.5	14.15	15.5	16.5	17.8
29	1.9	2.2	3.59-3.60	4.2	5.14	6.2	7.18	8.6 б)	9.3; 9.16	10.14	11.9	12.16	13.16	14.6	15.6	16.6	17.9
30	1.10	2.1	3.1-3.2	4.1	5.15	6.1	7.19	8.6 в)	9.1; 9.14	10.15	11.10	12.17	13.17	14.7	15.7	16.7	17.10

Содержание

Введение.	3
Тема 1. Классификация органических соединений.	8
Тема 2. Номенклатура органических соединений.	12
Тема 3. Изомерия.	16
Тема 4. Оптическая изомерия.	24
Тема 5. Гибридизация и пространственное строение молекул.	32
Тема 6. Классификация реакций в органической химии.	38
Тема 7. Предельные углеводороды.	40
Тема 8. Нефть.	43
Тема 9. Галогеналканы.	48
Тема 10. Алкены.	54
Тема 11. Диеновые углеводороды и алкины.	57
Тема 12. Арены.	60
Тема 13. Производные бензола.	64
Тема 14. Спирты. Альдегиды и кетоны.	67
Тема 15. Карбоновые кислоты.	70
Тема 16. Азотсодержащие органические соединения.	74
Тема 17. Полимеры.	78
Список литературы.	80
Приложение.	81

Учебное издание

СЛЕПНЁВА Лариса Модестовна

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебно-методическое пособие

Компьютерная верстка Е.А. Занкевич

Подписано в печать 13.01.2005.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л.4,9. Уч.-изд. л.3,9. Тираж 500. Заказ 7.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия № 02330/0056957 от 01.04.2004.

220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.