Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

В. И. Воробьев, Н. П. Нефедова

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

**Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины
для студентов, обучающихся
в бакалавриате по направлению подготовки
15.03.02 Технологические машины и оборудование**

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 577.1 (076)

Рецензент
кандидат технических наук, доцент кафедры химия ФГБОУ ВО «КГТУ»
Г. Е. Степанцова

Воробьев, В. И.

Органическая химия: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. очной формы обучения в бакалавриате по напр. подгот. 15.03.02 Технологические машины и оборудование / В. И. Воробьев, Н. П. Нефедова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 51 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Органическая химия» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, теоретический материал по темам дисциплины, вопросы для самоконтроля, библиографический список, отражены рекомендации по выполнению контрольной работы, контрольные задания для направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, очная, заочная формы обучения.

Табл. 3, список лит. – 5 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала кафедрой химии 31 мая 2022 г., протокол № 8

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 15 июня 2022 г., протокол № 7

УДК 577.1 (076)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.
© Воробьев В. И., Нефедова Н. П., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……. 4
1. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ОСВОЕНИЮ…… 7
1.1 Некоторые теоретические представления в органической химии…… 8
1.2 Углеводороды. Галогенопроизводные……. 14
1.3 Оксисоединения……. 20
1.4 Оксосоедиения……... 24
1.5 Карбоновые кислоты и их производные…….. 26
1.6 Понятие об окси- и оксокислотах…… 27
1.7 Азотсодержащие соединения. Аминокислоты. Гетероциклические соединения…… 28
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ……. 31
2.1. Выбор варианта и оформление контрольной работы……. 38
2.2. Методические указания по выполнению заданий контрольной 38
работы……... 42
БИБИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…….. 43
ПРИЛОЖЕНИЯ …… 44
Приложение 1. Контрольные задания…… 44
Приложение 2. Экзаменационные вопросы…….. 50

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Органическая химия» является формирование знаний теоретических основ химии и свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе и умения их использовать в своей профессиональной деятельности.

Задачами изучения дисциплины являются изучение основных законов химии; приобретение навыков постановки и проведения лабораторных исследований; умение описывать результаты опытов и делать выводы; способность применять теоретические знания по дисциплине в профессиональной и практической деятельности специалиста.

В результате изучения дисциплины «Органическая химия» обучающийся должен выработать способность использовать основные законы органической химии для освоения образовательной программы и в профессиональной деятельности.

Знать:

- химические свойства элементов ряда групп,
- виды химической связи в различных типах соединений,
- свойства важнейших классов органических соединений.

Уметь: применять методы экспериментального исследования в практической и научно-исследовательской деятельности.

Владеть: ключевыми теоретическими и прикладными вопросами химии.

Знания в области органической химии необходимы студентам для изучения пищевой химии и других учебных дисциплин.

При реализации дисциплины «Органическая химия» организуется практическая подготовка путем проведения практических и лабораторных работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Студенту очной и заочной форм обучения следует выполнить контрольную работу, включающую задания по основным темам. Рекомендации по ее оформлению, таблицы для выбора вариантов, контрольные задания и методические указания по их выполнению приведены в заключительной части учебно-методического пособия. Контрольные работы должны быть проверены преподавателем и зачтены до начала экзаменационных сессий.

Непременным условием успешного усвоения дисциплины «Органическая» является выполнение лабораторного практикума, развивающего у студентов навыки научного экспериментирования, исследовательский подход к изучению темы. Перечень и содержание лабораторных работ приведены в учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ.

Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные и контрольные работы. Перечень экзаменационных вопросов приведен в разделе «Приложения».

Экзаменационная оценка выставляются по результатам текущей успеваемости (теоретические опросы, тестирование, защита лабораторных работ, за-

щита контрольной работы для заочной формы обучения) или экзамена по экзаменационным билетам. Основой для определения оценки на экзамене служит уровень усвоения учебного материала (табл. 1).

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 1).

Таблица 1. Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок / Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении **изучаемых** объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3.Научное осмысление изучаемого явления, процесса,	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предо-	В состоянии осуществлять систематический и научно кор-	В состоянии осуществлять систематический и научно-

Система оценок / Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
объекта	него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	ставленной информации	ректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

1. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ОСВОЕНИЮ

Лекционный курс по дисциплине включает основные вопросы органической химии.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблице 2.

Таблица 2. Объем (трудоемкость освоения) и содержание ЛЗ

Номер темы	Тема лекционного занятия	Кол-во часов	
		очная форма	заочная форма
1.1	Введение и некоторые теоретические представления в органической химии	2	1
1.2	Углеводороды. Галогенопроизводные	4	1
1.3	Оксисоединения	2,5	1
1.4	Оксоединения	1	-
1.5	Карбоновые кислоты и их производные	2	1
1.6	Понятие об окси- и оксокислотах	0,5	-
1.7	Азотсодержащие соединения. Аминокислоты. Гетероциклические соединения	4	2
Итого		16	6

Приступая к изучению каждой темы, обучающемуся следует ознакомиться с вопросами темы программы дисциплины, получить общее представление об учебном материале, затем изучить его по лекционному материалу и учебной литературе. При этом необходимо усвоить понятия и закономерности, образующие теоретическую основу дисциплины. Затем следует ознакомиться с примерами заданий и вопросами для самопроверки для уяснения объема требований. Их цель – проверка и закрепление знаний по дисциплине, выработка умения пользоваться полученными знаниями при решении учебных и практических задач. Полезно составление конспекта.

Предусматривается изучение электронного и пространственного строения органических веществ, способов получения, физических и химических свойств насыщенных и ненасыщенных углеводородов, галогенопроизводных, кислород- и азотсодержащих производных углеводородов, а также их применение.

В органической химии широко распространено явление изомерии и поэтому для понимания свойств органических соединений необходимо руководствоваться структурными формулами, отражающими химическое строение молекулы.

Изучение каждого конкретного гомологического ряда целесообразно проводить в следующей последовательности: 1) определение ряда, строение функциональной группы; 2) классификация (внутри класса); 3) изомерия;

4) номенклатура; 5) способы получения; 6) физические и химические свойства; 7) нахождение в природе, применение или значение. Основой успешного изучения химии соединений углерода и их производных является усвоение представлений о природе

Тема 1.1 Некоторые теоретические представления в органической химии

Вопросы темы

Предмет органической химии. Краткие сведения о развитии теоретических представлений в органической химии. Теория химического строения органических соединений А. М. Бутлерова. Электронная конфигурация основного и возбужденного состояния атома углерода. Валентные состояния и гибридизация орбиталей атома углерода. Виды химических связей в молекулах органических соединений. Ковалентная связь. Ионная, водородная связь

Структурная и пространственная (геометрическая, оптическая) изомерия. Оптическая активность органических соединений. Асимметрический атом углерода. Проекционные формулы пространственных изомеров. Оптические антиподы, рацематы их свойства.

Стереоизомерия веществ с несколькими асимметрическими атомами углерода. Мезоформа. Диастереоизомеры. D- и L-система обозначения относительной конфигурации. Понятие о таутомерии (кетоенольная, кольчатоцепная).

Классификация реакций в органической химии. Понятие о механизме реакции. Гомолитический и гетеролитическицй разрыв ковалентной связи. Реакции радикальные и ионные (электрофильные и нуклеофильные). Гомология. Гомологические ряды, гомологическая разность.

Классификация органических соединений. Функциональные группы.

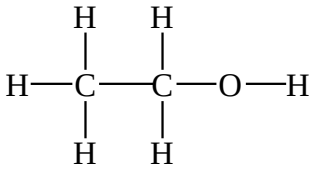
Номенклатура органических соединений (тривиальная, номенклатура IUPAC. Номенклатурное понятие углеводородного радикала.

Литература [1, 2, 4]

Методические рекомендации

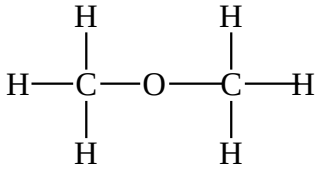
Вначале следует обратить серьезное внимание на теорию химического строения, являющуюся методологической основой химии органических веществ, основные положения которой были высказаны А. М. Бутлеровым в 1861 г. и кратко могут быть сформулированы следующим образом: свойства веществ определяются их химическим строением, т.е. порядком и характером связей между атомами в молекулах. Химическое строение показывается структурными формулами. При их написании следует знать, что химическая связь изображается одной чертой, соединяющей связанные атомы. Количество связей у каждого атома соответствует валентности элемента. С целью упрощения формул изображение некоторых связей чаще всего опускается, например:

Этиловый спирт



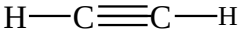
или $H_3C\text{-}CH_2\text{-}OH$

Диметиловый эфир



или $H_3C\text{-}O\text{-}CH_3$

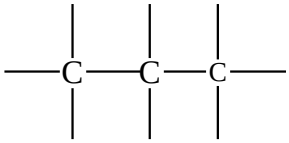
Ацетилен

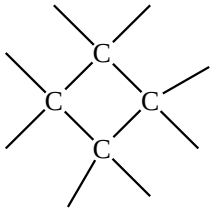


или $HC{\equiv}CH$

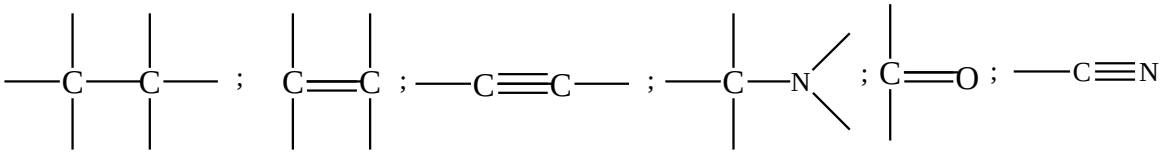
Возможность образования различных структур, соответствующих определенному молекулярному составу, обусловлена следующими свойствами элемента углерода:

1. В органических соединениях атом углерода четырехвалентен.
2. Атомы углерода могут соединяться в цепи и циклы:





3. Атомы углерода могут быть связаны между собой и с другими атомами простыми и кратными двойными и тройными связями



Теория химического строения объяснила явление изомерии – существования веществ, имеющих одинаковый качественный и количественный состав, но различные свойства вследствие различного химического строения. Так, в этиловом спирте один атом водорода, связанный с кислородом, способен замещаться на натрий; диметиловый эфир этим свойством не обладает. Этиловый спирт – жидкость, растворимая в воде, диметиловый эфир – газ, не растворимый в воде. Зная структурную формулу соединения, легко объяснить его свойства. И, наоборот, зная свойства вещества, можно установить его строение.

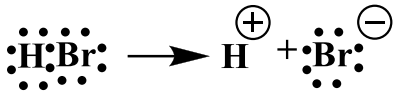
Согласно стереохимической теории (Вант-Гофф, Ле Бель, 1874 г.). валентные связи атома углерода в предельных соединениях жирного ряда направлены к вершинам тетраэдра (отсюда и название – тетраэдрическая теория). Стереохимические представления о строении молекул – позволили объяснить геометрическую цис-транс- и оптическую (зеркальную) изомерию органических соединений. Пространственные изомеры при одинаковом порядке связи атомов в молекуле отличаются их расположением в пространстве. В основе современного объяснения химических явлений и в особенности взаимного влияния атомов в молекуле лежит электронная теория. Квантовая теория дала возможность установить взаимосвязь геометрического и электронного строения молекул.

Необходимо твердо усвоить понятие о трех валентных состояниях атома углерода (sp^3-; sp^2 и sp-гибридизации) и соответствующих им типах связей углерода (σ- и π-, простой, двойной, тройной), а также о геометрическом строении молекул насыщенных и ненасыщенных углеводородов.

Современные достижения в области органической химии способствуют развитию представлений о механизмах химических реакций. Механизм реакции – это детальное описание ее последовательных стадий от исходных до конечных продуктов, включая все промежуточные состояния. При различных химических превращениях ковалентная связь может распадаться и образовываться вновь двояким образом. В одном случае обобщенная электронная пара, образующая связь между атомами, распадается так, что остается по одному электрону у каждого атома:

При этом происходит образование двух электронейтральных частиц - свободных радикалов, обладающих большой реакционной способностью вследствие наличия неспаренного электрона. Такой тип разрыва связи называется гомолитическим или радикальным. Реакциям, протекающим по радикальному механизму, способствует высокая температура, облучение, действие инициаторов. Пример: хлорирование метана.

В другом случае после разрыва ковалентной связи электронная пара целиком переходит к одному из связанных ею атомов, который при этом превращается в отрицательный ион. Этот тип разрыва связи называется гетеролитическим или ионным:



Гетеролитическому разрыву связи способствуют: полярный характер связи, полярные растворители, ионные реагенты и ионные катализаторы. Примером такой реакции является реакция гидратации алкенов.

Реакции, протекающие по ионному механизму, подразделяются, в свою очередь, на электрофильные и нуклеофильные в зависимости от характера атакующей частицы. Примером электрофильной реакции может служить присоединение HBr к пропилену, примером нуклеофильной реакции - присоединение спирта к альдегиду.

Изучая химические свойства того или иного класса органических соединений, очень важно уметь определить, к какому типу относится рассматриваемая химическая реакция.

В основу классификации органических реакций положены изменения, происходящие с одним из реагирующих веществ, обязательно органическим, называемым субстратом. Взаимодействующее с ним вещество называется реагентом. В основу классификации органических реакций положены изменения, происходящие с одним из реагирующих веществ, обязательно органическим, называемым субстратом. Взаимодействующее с ним вещество называется реагентом.

Если не происходит изменения углеродного скелета, то в зависимости от характера взаимодействия субстрата и реагента различают следующие типы реакций:

1. Замещения, например:

$$CH_3\text{-}H + Cl\text{-}Cl \rightarrow CH_3\text{-}Cl + HCl$$

а б в г

а) субстрат; б) реагент; в) основной продукт; г) побочный продукт.

2. Присоединения, например:

а) $CH_2{=}CH\text{-}CH_3 + HBr \rightarrow CH_3\text{-}CHBr\text{-}CH_3$;

б) $CH_3\text{-}CH{=}O + H_2 \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH$.

3. Отщепления, реакции, обратные реакциям присоединения, например:

а) $CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH \rightarrow CH_2{=}CH_2 + HOH$;

б) $CH_3\text{-}CBr_2\text{-}CH_3 \rightarrow HC{\equiv}C\text{-}CH_3 + 2HBr$.

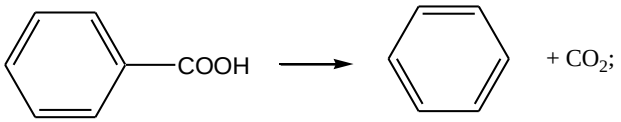
4. Перегруппировки (или изомеризации), например:

а) $CH_2{=}CH\text{-}OH \rightarrow CH_3\text{-}CHO$;

б) $CH_2{=}CH\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \rightarrow CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3$.

Важнейшими из реакций, протекающих с изменением углеродного скелета, являются:

5. Реакции разложения, например:

а) 

б) $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \rightarrow CH_3\text{-}CH_3 + H_2C{=}CH_2$.

6. Реакции синтеза углеродной цепи, не являющиеся реакциями замещения и присоединения, например синтез углеводородов путем восстановления оксида углерода (II):

$$2n\,CO + (n+1)\,H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2} + nC0_2.$$

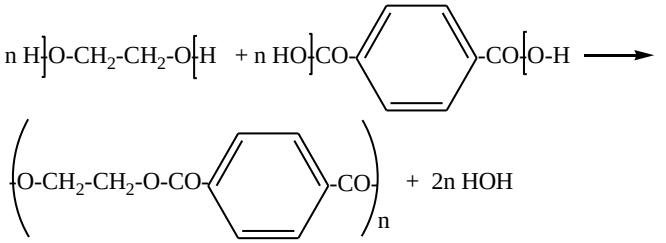
Частными случаями реакций присоединения и замещения являются реакции получения высокомолекулярных соединений.

7. Полимеризации, например:

а) $nCH_2{=}CHCl \rightarrow \left(\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}\text{-}\right)_n$;

б) $nCH_2{=}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}\text{-}CH{=}CH_2 \rightarrow \left(\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{=}CH\text{-}CH_2\text{-}\right)_n$.

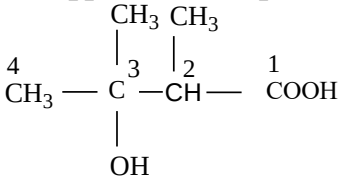
8. Поликонденсации, например:



В особую группу выделяют также реакции окисления-восстановления, например:

$CH_3\text{-}CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3\text{-}COONH_4 + 2Ag + 3NH_3 + H_2O$.

Современная международная номенклатура основана на правилах JUPAC – Международного союза теоретической и прикладной химии (The International Union of Pure and Applied chemistry). Она использует многие положения «женевской номенклатуры», принимающей за основу чаще всего название углеводорода с наиболее длинной углеродной цепью. Кратные связи включают в главную цепь. Если в молекуле есть цикл, за основу принимают циклический углеводород. Название атомов, кроме водорода и групп, не входящих в главную цепь, обозначают греческими числительными, их расположение в главной цепи – цифрами. Углеродные атомы основной цепи нумеруют:

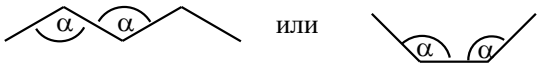


3-гидрокси-2,3-диметилбутановая кислота

Пример. Опишите геометрическое строение молекул бутана, бутена-2, бутина-2.

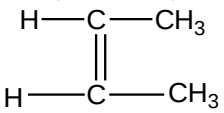
Ответ:

а) Бутан: $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$. Каждый из четырех атомов углерода имеет по 4 σ-связи, т.е. находится в первом валентном состоянии (ему соответствует sp^3-гибридизация орбиталей). Валентные углы (углы между двумя связями при одном атоме) составляют 109°28'. Если не учитывать атомы водорода, то строение углеродной цепи можно представить так:

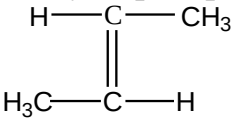


и т.д., т.е. всеми возможными структурами, получающимися в результате вращения атомов вокруг σ-связей. Форма молекулы бутана непрерывно меняется в результате теплового движения. Пространственных изомеров нет.

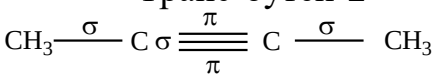
б) Бутен-2: $CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3$ имеет плоское строение, так как второй и третий атомы углерода имеют по три σ-связи и по одной π-связи, т.е. находятся во втором валентном состоянии (sp^2-гибридизация электронных орбиталей), которому соответствуют валентные углы 120°. Если учесть, что плоскость π-связи препятствует вращению атомов относительно друг друга, становится ясно, что бутен-2 существует в виде двух пространственных изомеров:



Цис-бутен-2



Транс-бутен-2

в) Бутин-2 

имеет линейное строение, потому что второй и третий атомы углерода имеют по две σ- и по две π-связи, т.е. находятся в третьем валентном состоянии (sp-гибридизация электронных орбиталей), которому соответствуют валентные углы 180°. Пространственных изомеров нет.

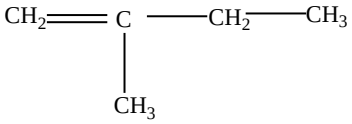
Пример. Напишите формулы и дайте названия всех изомерных углеводородов состава C_5H_{10} с открытой цепью.

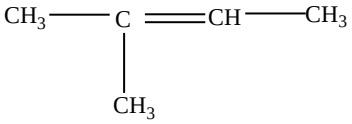
Ответ. Формула C_5H_{10} соответствует общей формуле $C_n H_{2n}$ - формуле углеводородов с одной двойной связью. Сначала рассмотрим изомеры с нормальной неразветвленной углеродной цепью (C-C-C-C-C)

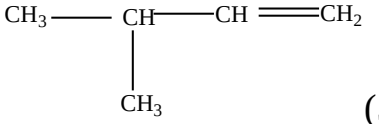
C=C-C-C-C или полностью CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3 (1)

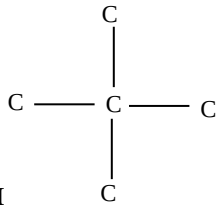
C-C=C-C-C CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3 (2)

Затем рассмотрим изомеры с меньшей длиной главной цепи. Варианты расположения двойной связи:


(3)

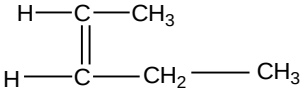

(4)

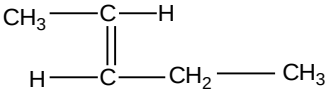

(5)

Этиленовых углеводородов, соответствующих цепи  , нет.

Итак, имеется пять структурных изомеров, среди которых (I) и (2) являются изомерами цепи по отношению к (3), (4), (5), изомеры (I) и (2); (3), (4) и (5) – изомерами положения двойной связи.

Если учесть пространственное расположение атомов в молекуле, обнаружим, что углеводород (2) существует в виде двух геометрических изомеров:


Цис-пентен-2


Транс-пентен-2

Вопросы для самоконтроля

1. Сформулируйте основные положения теории химического строения А. М. Бутлерова.

2. Дайте определение основному виду химической связи в органических соединениях – ковалентной (полярной и неполярной; σ- и π-; простой и кратной).

3. Какие типы гибридизации возможны для электронных орбиталей атома углерода? Охарактеризуйте в каждом случае форму и пространственную направленность гибридных орбиталей.

4. Приведите примеры структурных и пространственных изомеров для гептена-2.

5. Какие принципы положены в основу классификации органических соединений?

Тема 1.2 Углеводороды. Галогенопроизводные

Вопросы темы

Алканы. Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Первичный, вторичный, третичный и четвертичный атомы углерода. Номенклатура. Нахождение в природе: природные газы, нефть, горный воск. Получение из солей карбоновых кислот, гидрированием ненасыщенных соединений. Физические и химические свойства. Реакции замещения (галогенирование, сульфирование), окисления, превращения при высоких температурах (крекинг, пиролиз). Метан.

Алкены. Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура. Получение крекингом, пиролизом и дегидрированием парафинов, из спиртов, Физические и химические свойства. Электрофильное присоединение: водорода, галогенов. Направление присоединения (правило Марковникова). Окисление без разрыва углеродной цепи. Полимеризация. Этилен.

Алкины. Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура. Получение из карбида кальция, пиролизом углеводородов. Физические и химические свойства. Реакции присоединения водорода, галогенов, воды (реакция М.Г. Кучерова), синильной кислоты. Полимеризация ацетилена до бензола. Ацетилен.

Алкадиены. Номенклатура. Изомерия. Диеновые углеводороды с сопряжёнными двойными связями. Промышленное получение из нефтяных газов и спирта. Химические свойства: присоединение галогенов и полимеризация в положения 1-2 и 1-4. Дивинил, изопрен. Понятие о натуральном и синтетическом каучуке.

Циклоалканы. Изомерия и номенклатура. Нахождение в природе. Понятие об относительной прочности циклов Общая характеристика химических свойств. Циклогексан.

Арены. Классификация. Одноядерные арены. Гомологический ряд бензола. Изомерия. Номенклатура. Получение из нефти и алкинов. Физические и химические свойства. Электрофильное замещение. Реакции галогенирования. Влияние заместителей на направление и скорость реакций замещения. Реакции присоединения. Окисление. Бензол. Толуол. Ксилолы. Стирол. Понятие о многоядерных ароматических углеводородах с конденсированными ядрами. Нафталин, фенантрен. Понятие о канцерогенных веществах.

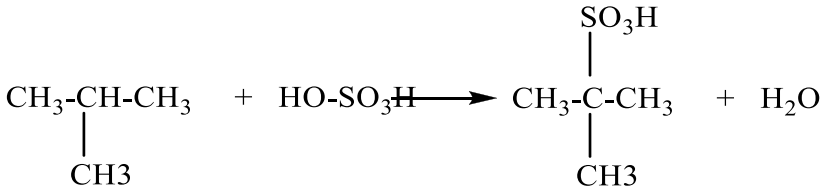
Классификация. Первичные, вторичные, третичные галогенопроизводные. Моно и полигалогенопроизводные. Изомерия Номенклатура. Получение из предельных, непредельных углеводородов и спиртов. Физические свойства. Общая характеристика химических свойств. Реакции нуклеофильного замещения. Реакции отщепления галогеноводородов. Хлороформ, четырёххлористый углерод, дихлорэтан, фреоны. Особенности свойств непредельных галогенопроизводных. Хлористый винил.

Литература [1–5]

Методические рекомендации

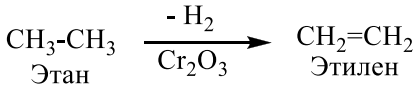
Изучение отдельных классов органических соединений целесообразно начинать с углеводородов, так как остальные классы органических соединений рассматриваются как их производные, в молекулах которых один или несколь-

ко атомов водорода замещены на функциональные группы. Следует уяснить основные принципы современной международной номенклатуры углеводородов. Предельные углеводороды жирного ряда (с открытой цепью) рассматриваются первыми. Они образуют гомологический ряд, принцип построения которого необходимо уяснить, так как он характерен для всех других классов органической химии. Гомологический ряд предельных углеводородов характеризуется общей формулой $C_n H_{2n+2}$. Соседние члены гомологического ряда отличаются друг от друга группой $-CH_2-$, называемой гомологической разностью. Члены гомологического ряда имеют подобные химические и закономерно изменяющиеся физические свойства. Для предельных углеводородов характерна структурная изомерия. Приступая к изучению химических свойств, необходимо, исходя из особенностей строения соединений данного гомологического ряда, прежде всего, типов химических связей, уяснить, какие виды реакций характерны для данного класса соединений. В предельных углеводородах все атомы углерода связаны простой σ-связью, т.е. характеризуются насыщенностью. Алканы способны к реакциям замещения и отщепления водорода, а также к реакциям разложения, протекающим с разрывом углеродной цепи, и не способны к реакциям присоединения. В реакциях замещения у парафинов наиболее легко подвергаются замене атомы водорода при третичном атоме углерода, например:

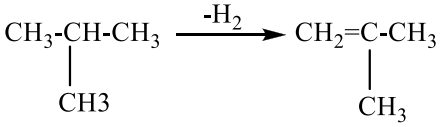


2-метилпропан 2-метилпропан-2-сульфоновая кислота

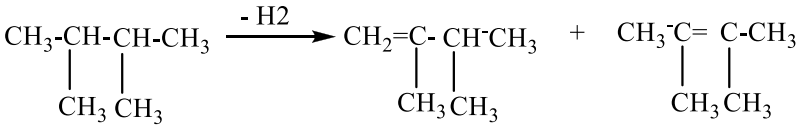
При последующем отнятии по одному молю водорода от каждого из трех образовавшихся алканов получаются:



Этан Этилен



2-метилпропан 2-метилпропен изобутилен



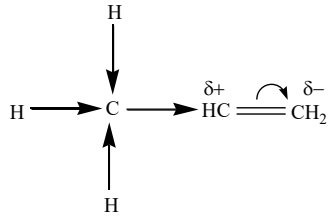
2,3-диметилбутан 2,3-диметилбутен-1 2,3-диметилбутен-2

Данный пример является типичным для органической химии: в большинстве случаев образуется смесь продуктов реакции.

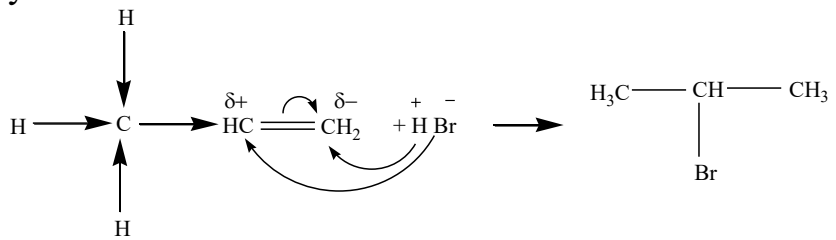
Рассматривая строение алкенов, обратите внимание на наличие в их молекулах двойной связи, представляющей сочетание различных по электронной конфигурации и прочности σ- и π-связей. Наличие двойной связи обуславливает появление у них цис-транс- или геометрической изомерии, являющейся од-

ним из видов пространственной изомерии. Цис-транс-изомерия имеет место у этиленовых углеводородов, у которых каждый атом углерода при двойной связи соединен с двумя различными атомами или радикалами. Эти изомеры несколько различны по свойствам.

Направление присоединения молекул полярных веществ (HBr, H_2SO_4, HClO и др.) к несимметричным алкенам определяется правилом Марковникова и может быть объяснено следующим образом: благодаря наличию электронодонорной метильной группы в молекуле пропилена осуществляется поляризация двойной связи:



Характер поляризации определяет направление присоединения полярной молекулы HBr:

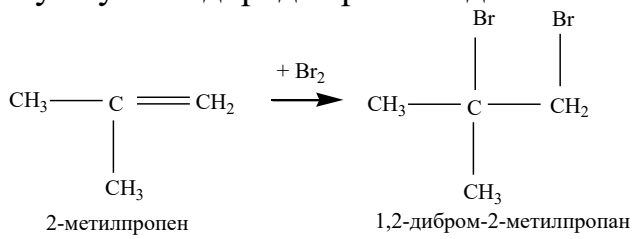


При соблюдении правила Марковникова образуются наиболее стабильные промежуточные карбокатионы.

Обратите внимание на реакции качественного определения двойных связей. Реакции полимеризации этиленовых соединений, приводящие к получению высокомолекулярных соединений, находят широкое применение в различных отраслях промышленности (полиэтилен, полипропилен).

Пример. Установите строение углеводорода, обесцвечивающего бромную воду.

Обесцвечивание бромной воды также является доказательством наличия в молекуле углеводорода кратных двойных или тройных связей:



Таким образом, исходное соединение – изобутилен.

Алкины характеризуются наличием тройной связи, состоящей из одной σ-связи и двух π-связей, следствием чего является их высокая химическая активность в реакциях присоединения и полимеризации. Однако в отличие от алкенов алкины склонны не только к реакциям электрофильного присоединения (Br_2, HBr), но также и к реакциям нуклеофильного присоединения (HCN). Другой особенностью алкинов является подвижность атома водорода при углероде

с тройной связью, вследствие чего он способен замещаться на металлы, образуя ацетилениды.

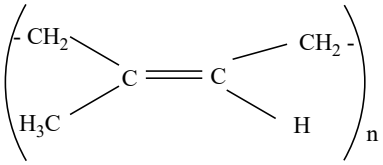
Обратите внимание на технические методы получения ацетилена и его промышленное применение. В биоорганических соединениях тройная связь не встречается.

При проработке темы «Алкадиены» обратите внимание на особенности электронного и пространственного строения диенов с сопряженными двойными связями. Вследствие дополнительного перекрывания электронных облаков соседних π-связей сопряженные диены имеют двойственную реакционную способность: они могут вступать в реакции присоединения и полимеризации как за счет одной двойной связи (в положение l,2), так и с одновременным участием двух двойных связей (в положение l,4). Наибольшее практическое значение имеют полимеры дивинила и изопрена – синтетические и натуральные каучуки.

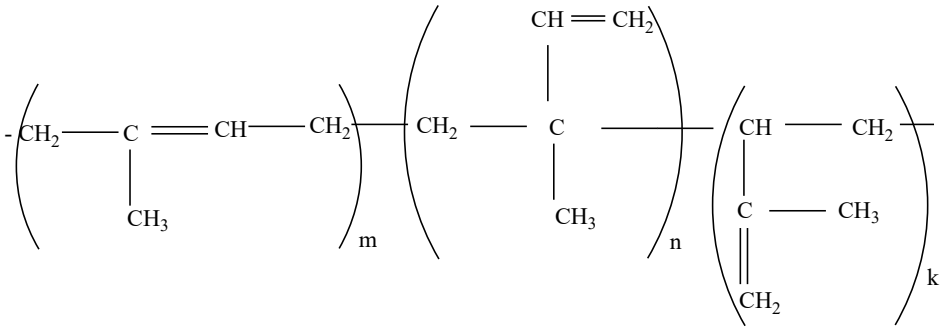
Пример. В чем состоят структурные различия натурального каучука и синтетического полиизопрена?

Натуральный каучук имеет строго регулярное строение. Регулярность проявляется по трем признакам:

1. Звенья изопрена соединены только в положение 1,4.
2. Направления присоединения только «голова к хвосту».
3. Все звенья являются цис-формой изопрена:

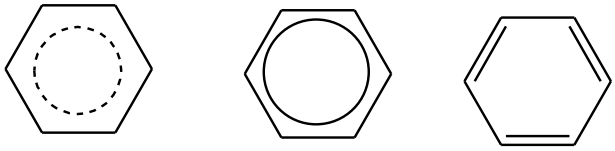


Синтетический каучук, кроме нерегулярно соединенных в положение 1,4-цис- и транс-звеньев изопрена, содержит также звенья, соединенные в положения 1,2 и 3,4:



Алициклические соединения являются переходными между соединениями жирного и ароматического рядов. Также как арены, они имеют замкнутую цепь атомов углерода – цикл; по свойствам же алициклические соединения сходны с соединениями жирного ряда. Химические свойства циклопарафинов зависят от величины цикла. Трех- и четырехчленные циклы являются малоустойчивыми, под влиянием химических реагентов они легко вступают в реакции присоединения, образуя соединения жирного ряда. Для циклопарафинов с пятичленными и более широкими циклами характерны реакции замещения с сохранением цикла. Различие в поведении трех-, четырех- и пятичленных циклических соединений, имеющих плоское или почти плоское строение циклов,

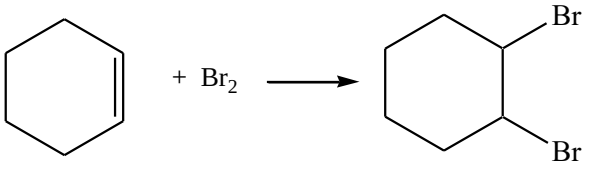
можно объяснить при помощи гипотезы Байера. Для циклов, содержащих шесть и более атомов углерода, характерны неплоское строение и отсутствие байеровского напряжения. Так, например, циклогексан существует в двух пространственных формах-конформациях: «ванны» и «кресла», переходящих друг в друга за счет изгиба связей С-С. В обычных



I II III

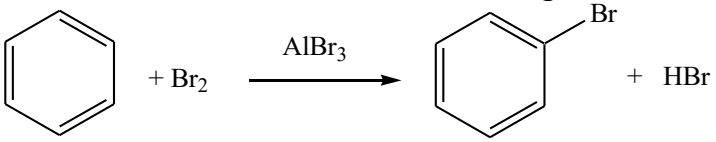
Пользуясь формулой Кекуле (III) как рабочей формулой, следует помнить о действительном строении бензола.

Пример. Напишите уравнения реакции взаимодействия **с** бромом циклогексана, бензола:



а)

Циклогексен 1,2-дибромциклогексан



б)

Бензол Бромбензол

Циклогексен имеет свойства обычных ненасыщенных соединений, т.е. вступает в реакцию присоединения, как алкены. Бензол вследствие особого строения замкнутой плоской сопряженной системы электронов устойчив к реакциям присоединения; в присутствии катализаторов (солей железа, алюминия) вступает в реакции замещения.

Необходимо уяснить классификацию галогенопроизводных в зависимости от природы и количества атомов галогенов и природы углеродного радикала. Наиболее важным свойством галогеналкилов является подвижность атома галогена. Вследствие поляризации связи углерод-галоген атом галогена способен замещаться на другие атомы или группы атомов. В результате этого из галогенопроизводных могут быть получены соединения, относящиеся к другим классам соединений, – спирты, простые и сложные эфиры, нитросоединения, амины, нитрилы и др. Например: $C_3H_7Br + C_2H_5ONa \rightarrow C_3H_7\text{-}O\text{-}C_2H_5 + NaBr$

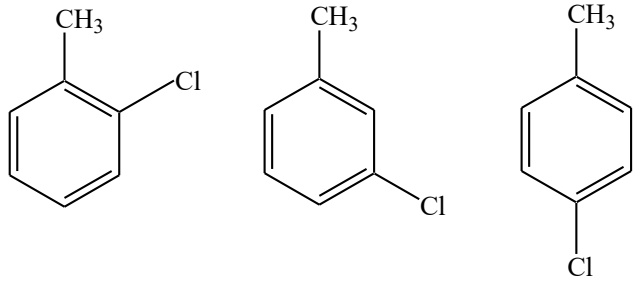
Подобные реакции протекают по механизму нуклеофильного замещения.

При изучении галогенопроизводных ненасыщенных и ароматических углеводородов следует обратить внимание на то, что подвижность галогена зависит от его положения по отношению к двойной связи или ароматическому ядру. Атом галогена, находящийся непосредственно при атоме углерода с двойной связью, например в хлористом виниле, является мало реакционноспособным и с трудом вступает в реакции, характерные для галогенопроизводных; с другой стороны, присутствие галогена повышает способность двойной связи к участию в реакциях полимеризации. Атом галогена, находящийся при соседнем с двой-

ной связью атоме углерода («аллильный» галоген), наоборот, чрезвычайно подвижен.

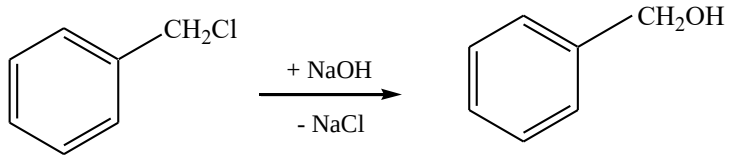
Пример. Какие из ароматических галогенопроизводных состава C_7H_7Cl не гидролизуются при кипячении с водным раствором щелочи?

Ответ. Атом галогена, непосредственно соединенный с бензольным ядром, малоподвижен и не замещается в заданных условиях:



Поэтому орто-, мета-, парахлортолуолы не гидролизуются.

Хлористый бензил, содержащий галоген в боковой цепи, по свойствам подобен галогенопроизводным предельных углеводородов и гидролизуется легко:



Хлористый бензил Бензиловый спирт

Вопросы для самоконтроля

1. Сформулируйте понятия «гомологический ряд», «гомологическая разность». Какова общая формула ряда алканов?

2. В каком валентном состоянии находятся атомы углерода в этане? К каким типам связей (ионная или ковалентная; σ- или π-; полярная или неполярная) относятся связи между атомами С-С и С-Н в молекуле пропана?

3. Какой особенностью электронного строения простых углеродных связей алканов обусловлена возможность вращения частей молекулы вокруг этой связи? Является ли это вращение вполне свободным?

4. Приведите примеры реакций замещения, отщепления и разложения для пропана.

5. Охарактеризуйте второе валентное состояние атома углерода. Приведите атомно-орбитальную модель молекулы пропилена. Сравните характер образования σ- и π -углерод-углеродных связей.

6. Сравните длину, энергию, полярность и поляризуемость простой и двойной углерод-углеродных связей. Какая связь обладает большей реакционной способностью?

7. Напишите структурные формулы ациклических и циклических углеводородов состава C_6H_{12} и назовите их по современной систематической номенклатуре. Для каких изомеров возможна геометрическая изомерия? Напишите формулы цис-транс-изомеров.

8. Какие химические превращения лежат в основе качественных реакций на двойную связь?

9. Напишите реакции дегидрирования бутана, изопентана. Укажите их условия.

10. Дайте определение понятий: «мономер», «степень полимеризации».

11. Сравните длину углерод-углеродной связи в этилене и ацетилене. Объясните имеющиеся различия. Как это сказывается на химических свойствах алкинов?

12. Выведите структурные формулы всех изомерных алкинов молекулярной формулы C_5H_8. Назовите их по современной систематической номенклатуре.

13. Напишите уравнение реакции Кучерова для ацетилена, для метилацетилена.

14. Изобразите атомно-орбитальную модель молекулы 1,3-бутадиена. Как отражаются особенности строения соединений с сопряженными двойными связями на длине простой и двойной углерод-углеродной связи, на химических свойствах соединений?

15. Назовите диеновые углеводороды, применяемые для получения синтетических каучуков, укажите способы их промышленного получения.

16. В каких условиях и как реагируют циклопропан и циклопентан с бромом? Напишите схемы реакций, объясните различия.

17. Напишите структурные формулы всех изомерных соединений состава $C_5H_{11}Cl$ и назовите их.

18. Какое из галогенопроизводных легче вступает в реакцию гидролиза: хлористый пропил или 2-хлорпропен?

19. Приведите примеры фторпроизводных углеводородов, применяемых в качестве: а) мономеров; б) хладоагентов.

Тема 1.3 Оксисоединения и их производные

Вопросы темы

Спирты и фенолы. Классификация по строению углеродного скелета и атомности. Изомерия. Номенклатура.

Одноатомные спирты. Строение. Получение гидролизом галогенопроизводных, восстановлением карбонильных соединений. Физические свойства. Водородная связь и её влияние на температуру кипения спиртов. Химические свойства. Реакции с разрывом С-0 и О-Н связей. Взаимодействие со щелочными металлами, галогеноводородными кислотами, галогенидами фосфора. Получение простых и сложных эфиров органических и минеральных кислот. Дегидратация, окисление и дегидрирование спиртов. Метиловый и этиловый спирты.

Многоатомные спирты. Получение глицерина из жиров. Физические свойства. Особенности химических свойств. Образование неполных и полных производных. Комплексообразование. Окисление. Дегидратация глицерина.

Фенолы. Выделение фенолов из каменноугольной смолы. Химические свойства фенолов. Образование фенолятов. Получение простых и сложных эфиров, галогенирование. Понятие о двухатомных фенолах (гидрохинон). Понятие о хинонах.

Простые эфиры. Строение, изомерия и номенклатура. Получение из спиртов, действием галогенопроизводных на алкоголяты и феноляты. Физические свойства. Химические свойства. Устойчивость к гидролизу. Диэтиловый эфир.

Понятие об органических окисях, перекисях и гидроперекисях.

Понятие о серосодержащих аналогах спиртов (тиоспирты) и простых эфиров (тиоэфиры).

Литература [1–3]

Методические указания и примеры заданий

Гидроксилсодержащие производные углеводородов относятся к классам спиртов или фенолов в зависимости от характера углеводородного радикала. Если один или несколько атомов водорода в молекуле углеводорода жирного ряда замещены на гидроксил, то такие соединения являются спиртами жирного ряда. Если один или несколько атомов водорода в молекуле углеводорода арена ряда замещены на гидроксил, то такие соединения являются фенолами. В зависимости от положения гидроксильной группы по отношению к бензольному кольцу различают: 1) фенолы Ar-OH, имеющие гидроксил, связанный непосредственно с одним из атомов углерода бензола; 2) ароматические спирты Ar-R-OH, содержащие гидроксил в боковой цепи.

Разберитесь в номенклатуре спиртов и фенолов, их классификации по количеству гидроксильных групп и по характеру радикала.

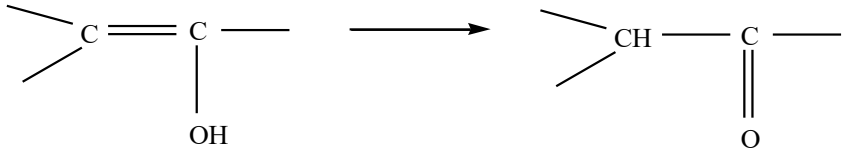
Наличие гидроксильных групп определяет особенности свойств спиртов. Так, растворимость спиртов в воде и их повышенные температуры кипения по сравнению, например, с галогенопроизводными определяются полярностью C-O- и O-H- связей и возможностью образования водородных связей.

Химические реакции спиртов могут происходить с разрывом связей C-OH или O-H. Особую группу составляют реакции окисления, в которых реакционная способность и конечные продукты различны у первичных, вторичных и третичных спиртов.

Обратите внимание на реакции образования простых и сложных эфиров, играющих важную роль в построении веществ, входящих в состав живых организмов: углеводов, липидов и др.

Многоатомные спирты, в частности гликоли, глицерины по свойствам подобны одноатомным спиртам, однако способны образовывать неполные и полные производные в зависимости от количества гидроксильных групп, вступивших в реакцию. Их характерной особенностью являются также более кислые свойства. Они способны растворять оксиды тяжелых металлов, что связано с их способностью к комплексообразованию. Многоатомные спирты, также как и одноатомные, нейтральны на лакмус, а алкоголяты активных металлов неустойчивы в присутствии воды. Обратите внимание на особенности физических свойств многоатомных спиртов.

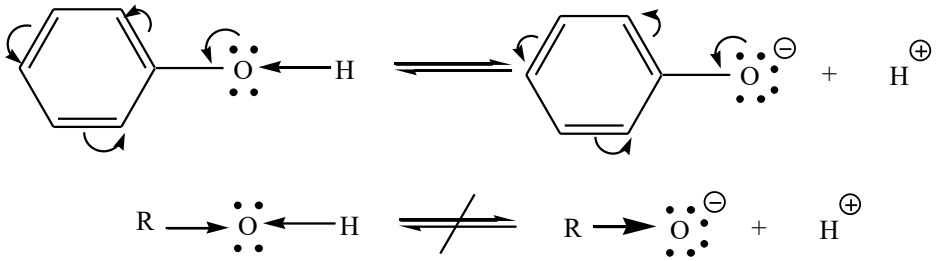
Свойства непредельных спиртов, как и галогенопроизводных, определяются взаимным расположением двойной связи и гидроксила. Если гидроксильная группа находится у атома углерода с двойной связью, то происходит переход в энергетически более выгодную группировку (правило Эльтекова):



Енольная форма Кетонная форма

В некоторых случаях обе формы являются устойчивыми. При этом устанавливается динамическое равновесие между кетонной и енольной формами, являющимися таутомерами. Кето-енольная таутомерия играет важную роль в химии природных органических соединений углеводов, нуклеиновых кислот, белков. Для непредельных спиртов енольная группировка неустойчива, и виниловый спирт CH_2=CH-OH не существует, хотя известны и находят широкое применение в производстве пластмасс его простые и сложные эфиры.

Фенолы, в отличие от спиртов, обладают кислотными свойствами.



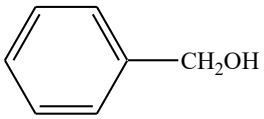
Способность фенолов к отрыву протона обусловлена поляризацией связи O←H, которая усиливается сопряжением электронов кислорода с ароматическим секстетом. Это же сопряжение снижает плотность отрицательного заряда на атоме кислорода аниона фенолята, чем и объясняется его устойчивость. По сравнению с органическими кислотами (уксусной и др.) и неорганическими кислотами (HCI и др.) фенолы являются слабыми кислотами. Химические свойства ароматических спиртов аналогичны свойствам спиртов жирного ряда.

Особенностью двухатомных фенолов, содержащих гидроксильные группы в орто и параположениях, является способность легко окисляться с образованием хинонов. Хиноидная группа является одной из структурных единиц, придающих окраску веществам, в том числе и многим природным соединениям.

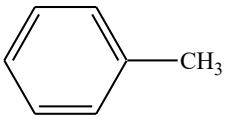
При изучении тиолов (тиоспиртов) R-SH и сульфидов (тиоэфиров) R-S-R проследите аналогию в методах получения спиртов и тиоспиртов, эфиров и тиоэфиров, сравните их свойства.

Пример. Определите строение соединения C_7H_8O, которое не дает цветной реакции с хлорным железом, а при окислении раствором $KMnO_4$ образует вещество состава $C_7H_3O_2$, растворимое в водном растворе щелочи.

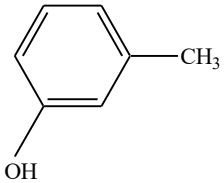
Ответ. Возможные структурные формулы:



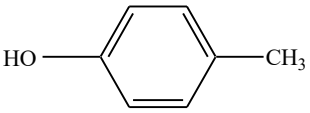
(I)



(II)

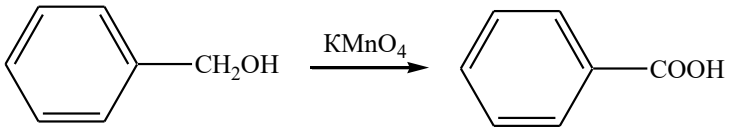


(III)

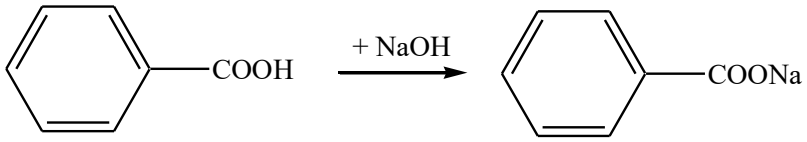


(IY)

Из четырех ароматических соединений, отвечающих общей формуле C_7H_8O, только I не реагирует с хлорным железом и легко окисляется $KMnO_4$:



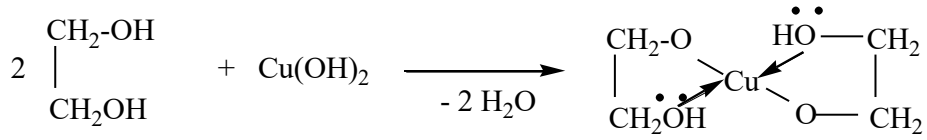
С другой стороны, полученная при его окислении кислота реагирует с водным раствором щелочи:



Таким образом, исходное соединение является бензиловым спиртом.

Пример. Каково строение соединения состава $C_2H_6O_2$, растворяющего гидроксид меди?

Ответ. Реагировать с гидроокисью меди могут карбоновые кислоты и многоатомные спирты. Составу $C_2H_6O_2$ соответствует структурная формула этиленгликоля:



Комплексный гликолят меди

В полученном комплексе ион меди Cu^{2+} связан с двумя отрицательно заряженными атомами кислорода ионными связями и с двумя атомами кислорода гидроксильных групп донорно-акцепторными связями.

Пример. Напишите структурную формулу соединения состава C_3H_8O, не реагирующего на холоде с металлическим натрием, а при нагревании с HI образующего CH_3I. Ответ. Возможные структурные формулы вещества C_3H_8O:

CH_2-CH_2-CH_2-OH CCH_3-CH-OH CH_3-O-CH_2-CH_3

CH^3

(I) (II) (III)

Вещества (I) и (II) являются спиртами и реагируют с натрием:

R-OH + Na $\rightarrow$ R-O-Na + ½ H_2.

Вещество (III) - простой эфир, не реагирует с натрием, но разлагается йодистым водородом:

CH_3-O-CH_2-CH_3 + HI → CH_3I + CH_3-CH_2-OH.

Метилэтиловый эфир Йодистый метил Этанол

Вопросы для самоконтроля

1. Напишите структурные формулы спиртов состава C_4H_9OH. Приведите их названия по современной международной номенклатуре. Какие из них являются первичными, вторичными, третичными спиртами? Напишите уравнения реакций их окисления.

2. Напишите для бутанола-2 уравнения реакций дегидрирования, внутри- и межмолекулярной дегидратации, этерификации уксусной кислотой.

3. Почему не удается получить виниловый спирт? Как получают винилацетат, поливиниловый спирт?

4. Напишите уравнения реакций взаимодействия фенола со следующими веществами: едким натром, уксусным ангидридом, бромной водой, азотной кислотой.

5. Напишите реакции получения этилпропилового эфира двумя способами. Объясните, в каком случае, кроме заданного эфира, образуются также другие простые эфиры.

6. Сравните химические свойства этилового спирта и этилмеркаптана, диэтилового эфира и диэтилсульфида.

Тема 1.4 Оксосоединения

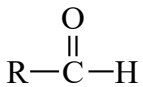
Вопросы темы

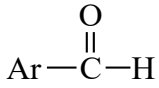
Альдегиды и кетоны. Классификация. Номенклатура. Изомерия. Строение карбонильной группы. Получение из спиртов, дигалогенопроизводных, алкинов, карбоновых кислот, оксосинтезом из алкенов. Физические и химические свойства. Реакции с нуклеофильными реагентами: синильной кислотой, спиртами. Гидрирование. Окисление. Подвижность водорода в α-положении к карбонильной группе. Отличие свойств альдегидов от свойств кетонов. Муравьиный альдегид. Уксусный альдегид. Ацетон. Понятие о непредельных и ароматических альдегидах и кетонах. Акролеин. Бензальдегид.

Литература [1, 2]

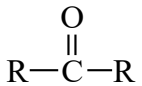
Методические рекомендации

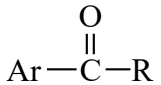
Соединения, содержащие карбонильную группу =C=O, делятся на альдегиды и кетоны. У альдегидов карбонильная группа соединена с углеводородным радикалом и водородом:

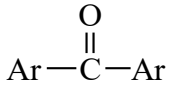

– альдегид жирного ряда;


– ароматический альдегид.

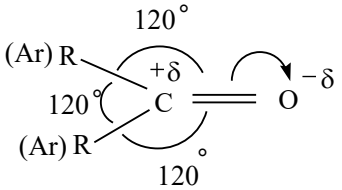
У кетонов карбонильная группа соединена с двумя радикалами:


– кетон жирного ряда;

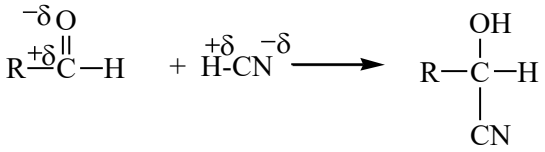

– жирно-ароматический кетон;


– ароматический кетон.

Разберитесь в номенклатуре карбонильных соединений. При рассмотрении свойств карбонильных соединений следует исходить из того, что они принадлежат к числу наиболее реакционноспособных органических соединений вследствие поляризации связи углерод-кислород и ее доступности из-за плоского строения:

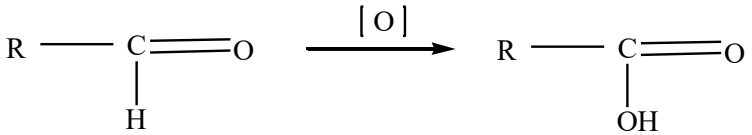


Они вступают в реакции обратимого присоединения к карбонильной группе по нуклеофильному механизму:

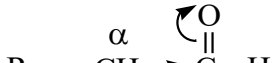


Кислород карбонильной группы способен замещаться при взаимодействии с галогенидами фосфора, аммиаком, гидроксиламином, производными гидразина и т.д.

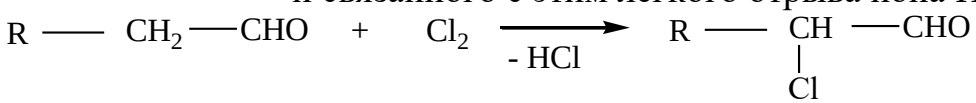
Обратите внимание на большую реакционную способность альдегидов по сравнению с кетонами из-за вследствие меньшего по сравнению с радикалом размера атома водорода. Поляризованность связи C=O у кетонов менее выражена из-за электроно-донорного влияния углеводородных радикалов. За счет водорода альдегидной группы альдегиды легко окисляются и на этой реакции основано качественное определение альдегидов.



вследствие поляризации C=O – связи:

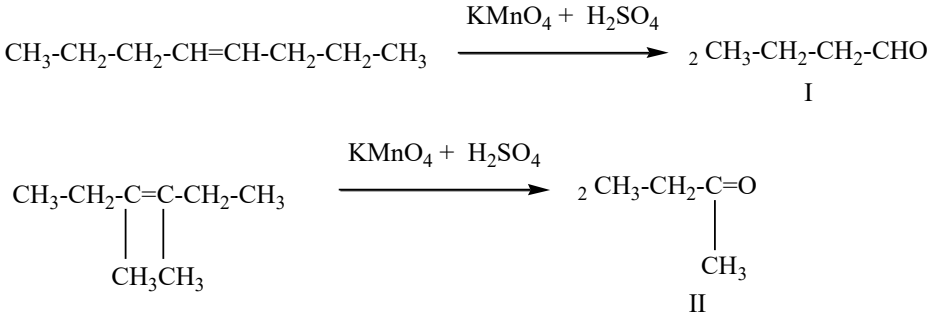


и связанного с этим легкого отрыва иона H^+, например:

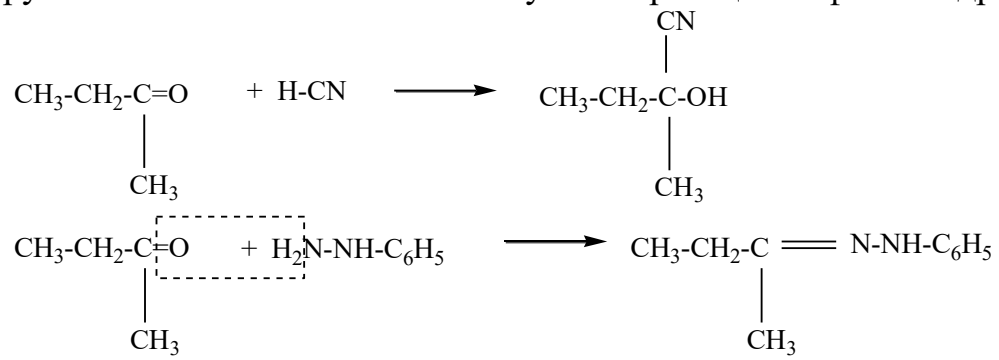


Пример. При окислении перманганатом калия (в присутствии H_2SO_4) алкена состава C_8H_{16} образуется вещество состава C_4H_8O, не дающее реакции серебряного зеркала, но реагирующее с синильной кислотой и фенилгидразином. Окисление C_4H_8O сильными окислителями приводит к смеси уксусной и пропионовой кислот, выделению CO_2 и H_2O. Какую структурную формулу имеет углеводород? Назовите его, напишите уравнения реакций.

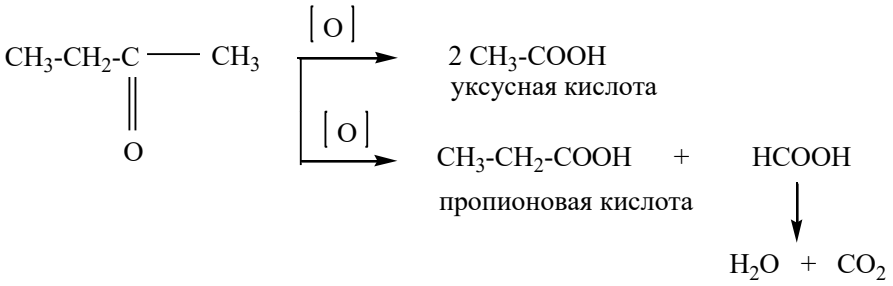
Ответ. При окислении алкена C_8H_{16} $KMnO_4$ (в присутствии H_2SO_4) происходит разрыв двойной связи, исходными могут быть следующие углеводороды:



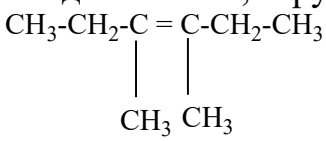
Соединение II не дает реакции серебряного зеркала, с другой стороны, реагирует с синильной кислотой и вступает в реакцию с фенилгидразином:



При окислении соединения II сильными окислителями образуются:



Следовательно, структурная формула исходного вещества



Литература: основная [l]; дополнительная [2]

Вопросы для самопроверки

1. Напишите структурные формулы всех альдегидов и кетонов состава $C_5H_{10}O$. Назовите их.

2. Напишите уравнения реакций получения пропионового альдегида и ацетона из соответствующих спиртов, дигалогенопроизводных, кальциевых солей карбоновых кислот.

3. По реакции Фриделя-Крафтса получите ацетофенон, для него напишите реакции с фенилгидразином, бисульфитом натрия, с аммиачным раствором нитрата серебра.

Тема 1.5 Карбоновые кислоты и их производные

Классификация карбоновых кислот по основности и строению углеводородного радикала. Понятие о высших и высокомолекулярных карбоновых кислотах. Изомерия. Номенклатура. Строение карбоксильной группы. Одноосновные карбоновые кислоты. Строение. Получение из спиртов и альдегидов, окислением парафинов, оксосинтезом. Физические и химические свойства. Кислотность. Образование солей. Получение сложных эфиров. Муравьиная, уксусная, пальмитиновая и стеариновая кислоты, бензойная кислота. Понятие о мылах. Понятие о непредельных и двухосновных карбоновых кислотах. Акриловая кислота. Олеиновая кислота. Щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая, адипиновая кислоты.

Литература [1, 2, 5]

Методические рекомендации

Уясните классификацию карбоновых кислот в зависимости от природы углеводородного радикала и количества карбоксильных групп. При изучении данного раздела вначале разберитесь в строении карбоксильной группы и способности содержащих ее соединений к диссоциации $R\text{-}COOH + HOH \leftrightarrows R\text{-}COO^- + H_3O^+$, которая обусловлена устойчивостью аниона вследствие распределения отрицательного заряда равномерно между двумя атомами кислорода. Кислотные свойства карбоновых кислот сильнее, чем у фенолов, однако значительно слабее, чем у важнейших неорганических кислот HCI, H_2SO_4 и т.д.

Изучая химические свойства карбоновых кислот, чрезвычайно важно усвоить способы образования и строение их различных производных: сложных эфиров, галогенангидридов, ангидридов, амидов, нитрилов. Важным свойством перечисленных соединений является их способность гидролизоваться в различных условиях с образованием соответствующей кислоты.

Наличием карбоксильных групп и их производных обусловлены структура и свойства таких важнейших в биологическом отношении соединений, как белки, липиды и др. Для химии природных органических соединений белков, липидов, углеводов и других веществ важна способность карбоксильных групп образовывать сложноэфирные -CO-O-; амидные (при соединении природных α-аминокислот - пептидные) -CO-NH-; ангидридные $-CO\text{-}O\text{-}PO_3H_2$; ионные (солевые) $-COO^-\,{}^+NH_3$ - связи. В зависимости от расположения карбоксильных групп одни изкарбоновых кислот: янтарная, глутаровая, малеиновая, фталевая - образуют ангидриды, другие – чаще всего декарбоксилируются. Для образования ангидрида карбоксильные группы должны находиться вблизи друг от друга, а валентные углы в циклическом ангидриде быть близки по величине к нормальным валентным углам (см. гипотезу Байера).

Пример. Назовите приведенные ниже соединения, предложите способы их получения:

а) $CH_3\text{-}CH_2\text{–}COOBr$; б) $CH_3\text{-}CO\text{-}O\text{-}PO_3H_2$; в) $CH_3\text{-}CO\text{-}O\text{-}CH_2\text{-}CH_3$;

г) $CH_3\text{-}CO\text{-}NH\text{-}CH_2\text{-}CH_3$; д) $HCOONH_4$; е) $CO(NH_2)_2$.

Ответ. а) $CH_3\text{-}CH_2\text{–}COOBr$ - бромангидрид пропионовой кислоты

$CH_3\text{-}CH_2\text{–}COOH + PBr_3 \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{–}COOBr + HBr + POBr_3$

б) $CH_3\text{-}COO\text{-}PO_3H_2$ - смешанный ангидрид уксусной и фосфорной кислот

$CH_3\text{-}COOH + HO\text{-}PO_3H_2 \rightarrow CH_3\text{-}CO\text{-}O\text{-}PO_3H_2 + H_2O$

в) $CH_3\text{-}CO\text{-}O\text{-}CH_2\text{-}CH_3$ -уксусно-этиловый эфир (этилацетат)

$$CH_3\text{-}COOH + CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH \xrightleftharpoons{t;\ H_2SO_4} CH_3\text{-}COO\text{-}CH_2\text{-}CH_3 + H_2O$$

г) $CH_3\text{-}CO\text{-}NH\text{-}CH_2\text{-}CH_3$ – этилзамещенный амид уксусной кислоты (N-этилацетамид)

$$CH_3\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}Cl + NH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \rightleftharpoons CH_3\text{-}CO\text{-}NH\text{-}C_2H_5 + HCl$$

Хлорангидрид уксусной кислоты Этиламин

Вопросы для самоконтроля

1. Напишите уравнения реакций получения пропионовой кислоты окислением олефина, спирта, карбонильного соединения; гидролизом нитрила, сложного эфира; из натриевой соли.

2. Какие соединения образуются при взаимодействии уксусной кислоты со следующими реагентами: NH_3 (при комнатной температуре и при нагревании); PCl_5; метанолом (в присутствии концентрированной H_2SO_4); хлором?

3. Какие из кислот состава $C_5H_8O_2$ существуют в виде геометрических изомеров?

4. Напишите уравнения реакций полимеризации и взаимодействия с HBr для акриловой кислоты.

5. Какое соединение образуется при взаимодействии бензойной кислоты с хлором в присутствии железа?

6. Какие из предельных и непредельных кислот входят в состав жиров?

Тема 1.6 Понятие об окси- и оксокислотах

Вопросы темы

Общая характеристика. Отдельные представители. Молочная, лимонная, винная, салициловая, пировиноградная, щавелевоуксусная кислоты.

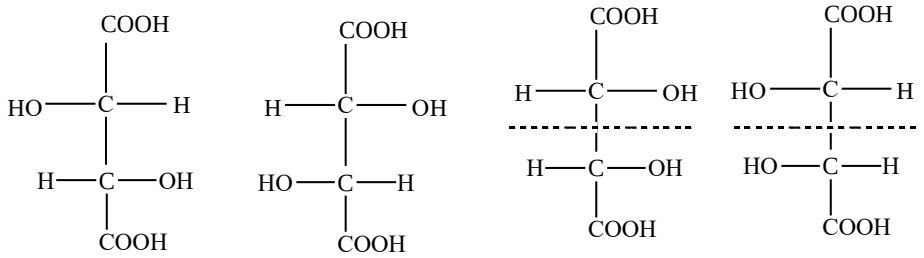
Литература [1,2,5]

Методические рекомендации

При изучении свойств гидроксикислот следует исходить из того, что соединения со смешанными функциями обладают свойствами, присущими каждой функциональной группе в отдельности, в данном случае – свойствами спиртов и карбоновых кислот. Кроме того, они имеют свойства, обусловленные взаимным влиянием групп. Обратите внимание на способность оксикислот отщеплять при нагревании воду с образованием совершенно различных соединений в зависимости от взаимного расположения карбоксильной и гидроксильной групп (α-, β-, γ- и другие гидроксикислоты). Прежде чем ознакомиться с особенностями отдельных представителей гидроксикислот, следует изучить вопросы, связанные с оптической, или зеркальной, изомерией. Существование оптических изомеров связано с наличием в молекуле асимметрического атома углерода, т.е. атома углерода, связанного с четырьмя различными атомами или группами атомов. В этом случае через него нельзя провести плоскость симмет-

рии. Если в молекуле только один асимметрический атом, то возможны два различные пространственные расположения групп при этом атоме, что можно изобразить проекционными формулами. Эти соединения не совместимы в пространстве, относятся друг к другу, как несимметричный предмет и его зеркальное изображение, и называются зеркальными изомерами, а также оптическими антиподами или энантиомерами. Зеркальные изомеры имеют одинаковые физические и химические свойства. Обычно при n асимметрических атомах имеется 2^n- оптических изомера, являющихся попарно зеркальными изомерами. Разберитесь в особом случае оптической изомерии, когда имеются асимметрические атомы с одинаковыми группами:

.

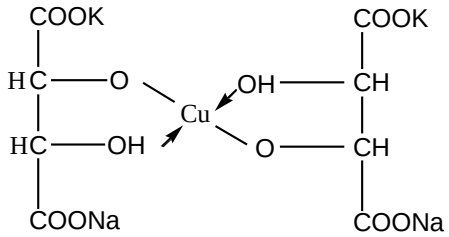


(-)(I) (+)(II) (III) (IY)

Винные кислоты (-)(I) и (+)(II) являются оптическими антиподами (энантомерами), а (III)(мезовинная) – их диастереомер. Так как мезовинная кислота (III) имеет элемент симметрии, а именно: плоскость симметрии (обозначенную пунктирной линией), она оптически не деятельна. Это объясняется тем, что обе симметричные части молекулы вращают плоскость поляризации света в разные стороны, но на один и тот же угол, в результате суммарный эффект равен нулю. Если мы напишем формально оптический антипод (IY) для мезовинной кислоты (Ш), то после проведения с ним разрешенной для проекционных формул Фишера операции – поворота на 180° без вынесения из плоскости чертежа – получим ту же самую мезовинную кислоту (III). Таким образом, мы здесь сталкиваемся со случаем, когда дополнительный элемент симметрии уменьшает теоретически возможное число оптических изомеров с четырех (по формуле 2^n) до трех.

Оптическая изомерия – свойство, присущее не только классу гидроксикислот. Соединения любого класса органических веществ и многие неорганические соединения могут иметь центры асимметрии и существовать в виде оптических изомеров.

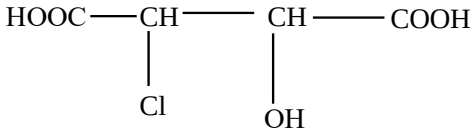
Обратите внимание на строение «реактива Фединга», являющегося комплексным алкоголятом меди натриево-калиевой соли винной кислоты, относящемся к «хелатным» комплексным соединения:



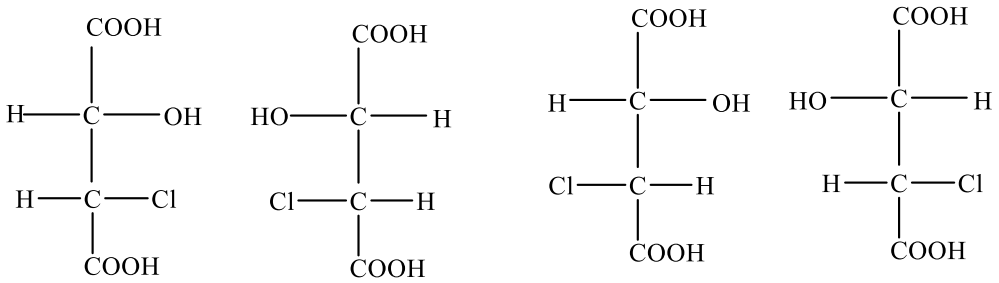
Рассматривая гидроксикислоты, обратите внимание на молочную, яблочную, лимонную кислоты. Эти соединения являются важнейшими промежуточными продуктами обмена веществ в живых организмах.

Альдегидо- и кетонокислоты являются соединениями со смешанными функциями, содержащими функциональные группы различного вида. Рассматривая оксокислоты, обратите внимание на пировиноградную, α-кетоглутаровую, щавелево-уксусную кислоты. Эти соединения являются важнейшими промежуточными продуктами обмена веществ в живых организмах. На примере ацетоуксусного эфира ознакомьтесь с явлением таутомерии, часто встречающимся в химии природных соединений.

Пример. Сколько пространственных изомеров имеет хлоряблочная кислота?



Ответ. Заданное соединение имеет два асимметрических атома углерода. Возможное число оптических изомеров $2^n = 4$. Для хлоряблочной кислоты можно написать четыре стереоизомера (I–IY), отличающихся конфигурациями у асимметрических атомов углерода:



I II III IY

Молекулы I и II, а также III и IY – энантиомеры (они являются зеркальным отображением друг друга). Пары I и III, I и IY, II и III, II и IY – диастереомеры.

Вопросы для самоконтроля

1. Напишите структурные формулы изомерных оксимасляных кислот нормального строения. Назовите их. Расположите их в ряд по возрастанию кислых свойств. Дайте объяснения. Какие соединения получатся при нагревании каждого изомера?

2. Напишите уравнения реакций взаимодействия молочной кислоты с уксусной кислотой, NaOH, избытком PCl_5, избытком метанола.

3. Что понимают под оптической активностью органических соединений?

4. На примере винной кислоты поясните, что означают понятия: оптические изомеры, зеркальные изомеры, диастереоизомеры, рацемат, мезоформа.

5. Изобразите структурными формулами кето-енольную таутомерию кислот: пировиноградной, ацетоуксусной, щавелево-уксусной. Какая из этих кислот образует наиболее устойчивую енольную форму?

Тема 1.7 Азотсодержащие соединения. Аминокислоты. Гетероциклические соединения

Вопросы темы

Амины. Строение. Классификация, изомерия и номенклатура. Первичные, вторичные и третичные амины. Получение из галогенопроизводных, амидов кислот, нитросоединений. Физические и химические свойства. Основность аминов. Образование солей. Алкилирование и ацилирование. Анилин. Производные угольной кислоты: мочевина. Биурет. Определение. Строение. Классификация (неполярные и полярные; неионогенные и ионогенные; нейтральные, кислые и щелочные; алифатические, циклические, гетероциклические и ароматические). Изомерия. Номенклатура. Физические свойства. Понятие о биполярном ионе. Изоэлектрическая точка. Химические свойства. Амфотерность. Реакции карбоксильной группы: образование солей, эфиров. Реакции аминогруппы: образование солей, реакция с азотистой кислотой. Реакции с участием карбоксильной и аминогрупп: комплексообразование, реакции при нагревании а-, р-, у-аминокислот. Реакция природных а-аминокислот с нингидрином, образование пептидов. Определение. Классификация по числу звеньев в цикле, природе и числу гетероатомов. Особенности химических свойств важнейших гетероциклов: ароматичность и кислотно-основные свойства. Пиррол, имидазол, пиридин, пиримидин, пурин.

Литература [1–3]

Методические рекомендации

При изучении данной темы особое внимание следует уделить свойствам аминов, поскольку аминогруппа $-NH_2$ и ее производные в значительной степени определяют свойства таких важнейших в биологическом отношении соединений, как белки. Амины можно рассматривать как производные аммиака, в котором один, два или три атома водорода замещены органическими радикалами. Амины, подобно аммиаку, обладают основными свойствами, что обусловлено наличием неподелённой пары электронов атома азота, способной взаимодействовать с водородным ионом кислоты, образуя положительно заряженный ион замещенного аммония. Отрицательно заряженный кислотный остаток связывается с последним ионной связью:

$$R\ddot{N}H_2 + H^+Cl^- \longrightarrow [RNH_3]^+Cl^- ;$$

$$R_2\ddot{N}H + H^+Cl^- \longrightarrow [R_2NH_2]^+Cl^- ;$$

$$R_3\ddot{N} + H^+Cl^- \longrightarrow [R_3NH]^+Cl^- .$$

Аммиак и амины образуют соли также с галогенопроизводными кислотами, например: $\ddot{N}H_3 + RCl \longrightarrow [RNH_3]^+Cl^-$.

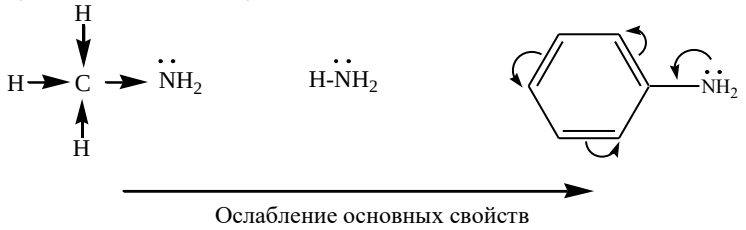
Третичные амины в этом случае образуют соли четвертичных аммониевых оснований:

$$R_3\ddot{N} + RCl \longrightarrow [R_4N]^+Cl^- .$$

В водных растворах амины, взаимодействуя с протоном воды, образуют ионизированные гидроокиси и создают щелочную среду:

$$R\ddot{N}H_2 + HOH \longrightarrow [RNH_3]^+ + OH^-.$$

Амины жирного ряда являются более сильными, а ароматические амины - более слабыми основаниями, чем аммиак. Это объясняется влиянием радикала на величину электронной плотности на атоме азота: электронодонорные алкилы усиливают способность азота присоединять протон, электроноакцепторные арилы уменьшают эту способность.



Неподелённая электронная пара атома азота определяет способность аминов образовывать комплексы с ионами металлов:

$$Me^{n+} + x\,R\ddot{N}H_2 \longrightarrow [Me(RNH_2)_x]^{n+}.$$

Изучая химические свойства аминов, обратите особое внимание на реакции ацилирования. Амины при взаимодействии с ангидридами, галогенангидридами и в определенных условиях, например при образовании белков в живом организме с карбоновыми кислотами, образуют замещенные амиды кислот:

$$R\text{-}NH_2 + HO\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}R' \xrightarrow[-\,HOH]{} R\text{-}NH\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}R'$$

Амидная связь -NH-CO- имеет большое значение в химии природных органических соединений.

Амины различного строения по-разному взаимодействуют с азотистой кислотой. Первичные ароматические амины образуют диазосоединения, широко используемые при синтезе различных органических соединений, в частности красителей. По современным представлениям, окраска веществ обусловлена наличием сопряжённой системы электронов. Смещение электронной плотности в такой системе способствует углублению окраски. Обратите внимание на способность диаминов вступать в реакцию поликонденсации с дикарбоновыми кислотами, образуя технически ценные полимеры - полиамиды. Необходимо изучить азотсодержащее производное угольной кислоты - мочевину и её производное – биурет.

Пример. Сравните отношение этиламина, диэтиламина и триэтиламина к действию хлористого ацетила.

Ответ. Первичные и вторичные амины имеют атом водорода при азоте и способны образовывать замещенные амиды:

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}NH_2 + Cl\text{-}CO\text{-}CH_3 \xrightarrow[-HCl]{} CH_3\text{-}CH_2\text{-}NH\text{-}CO\text{-}CH_3$$

N-этилацетамид (этилзамещенный амид уксусной кислоты)

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}NH\text{-}CH_2\text{-}CH_3 + Cl\text{-}CO\text{-}CH_3 \xrightarrow[-HCl]{} (CH_3\text{-}CH_2)_2N\text{-}CO\text{-}CH_3$$

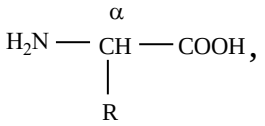
N,N-диэтилацетамид

Триэтиламин $(CH_3CH_2)_3N$ не имеет водорода при азоте и не способен к реакции ацилирования.

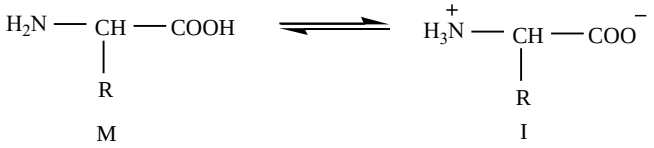
Прежде всего разберитесь в классификации аминокислот в зависимости от количества амино- и карбоксильных групп и их взаимного расположения, а также от природы углеводородного радикала. При этом особое внимание обратите на α-аминокислоты, от которых зависит структура и свойства белков – важнейших биологических соединений. Изучая химические свойства аминокислот, обратите внимание на то, что они проявляют все свойства как аминов, так и карбоновых кислот, а также вступают в реакции с одновременным участием обеих функциональных групп – карбоксильной -COOH и аминогруппы $-NH_2$.

Для последующего изучения свойств природных органических соединений важно разобраться в кислотно-основных свойствах (амфотерности) аминокислот. На этих свойствах аминокислот основаны все методы их разделения, идентификации и количественного анализа.

Моноаминомонокарбоновые кислоты отвечают формуле

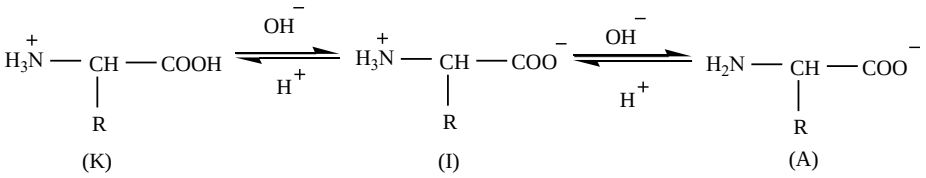


где R = -H, $-CH_3$, $-CH_2OH$ и т.д.



Для аминокислоты М I

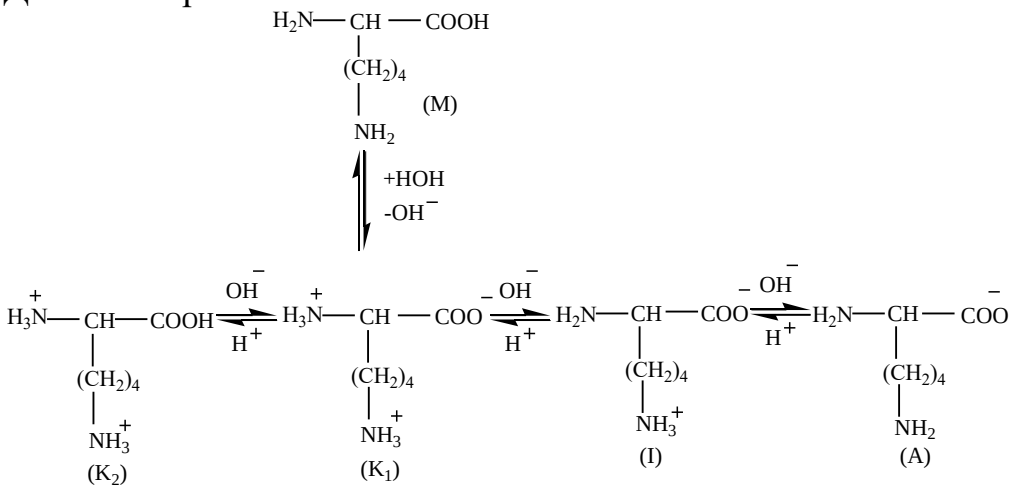
Количество ионной формы аминокислоты (I) в сотни и тысячи раз больше, чем молекулярной (М). Ион, содержащий положительный и отрицательный заряды и нейтральный в целом, называется биполярным ионом (цвиттер-ионом). Переход незаряженной молекулы (М) в биполярный ион (I) осуществляется легко и сопровождается выигрышем свободной энергии 44,8–51,5 кДж/моль. Например, в водном растворе аланина М: I = 260 000: 1. В водном растворе биполярный ион находится в состоянии равновесия с двумя другими ионными формами:



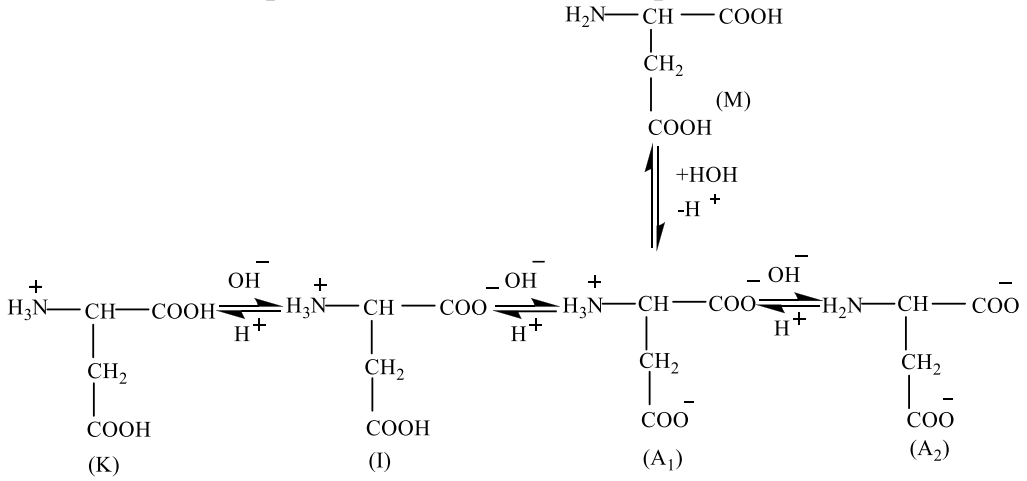
В сильнокислой среде аминокислота существует преимущественно в виде катиона (диссоциация карбоксильной группы подавлена); в сильнощелочной среде – в виде аниона (подавлена диссоциация аминогруппы). В молекулярном виде это равновесие можно записать так:

Аминокислоты, которые имеют разное количество основных и кислотных групп, – диаминомонокарбоновые (щелочные) и моноаминодикарбоновые (кислые) – подвержены в водных растворах более сложным равновесным переходам.

Диаминокарбоновая кислота – лизин:



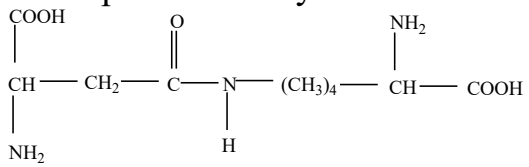
Моноаминодикарбоновая кислота – аспарагиновая кислота:

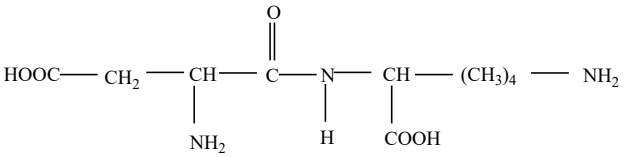


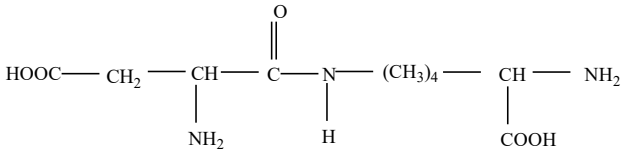
Ионное состояние, в котором вещество имеет равное количество положительных и отрицательных зарядов (в целом электронейтрально) и под действием постоянного электрического тока не движется ни к катоду, ни к аноду, называется изоэлектрическим (I). В случае аминокислот – это биполярный ион. Значение pH, при котором аминокислота не несёт суммарного электрического заряда, называется изоэлектрической точкой (pH_i или pI). У так называемых «нейтральных» аминокислот вследствие того, что $K_a > K_b$, в нейтральном растворе концентрация аниона несколько больше, чем концентрация катиона, поэтому pI ≈ 6. Например, для аланина pI = 5,97. Обратите внимание на то, что при диссоциации в воде щелочные и кислые аминокислоты образуют соответственно положительные и отрицательные ионы. Для перевода таких аминокислот в изоэлектрическое состояние требуется создать определённый pH среды введением сильного основания (в случае лизина – для подавления диссоциации избыточной аминогруппы) или сильной кислоты (в случае аспарагиновой кислоты – для подавления диссоциации избыточной карбоксильной группы). Для щелочных аминокислот pI » 7, для кислых аминокислот pI « 7. Например, для лизина pI = 9,82, а для аспарагиновой кислоты pI = 2,77. Обратите внимание на способность α-аминокислот в определенных условиях (только в присутствии ферментов) образовывать пептидные (амидные) связи путем взаимодействия α-амино- и α-карбоксильных групп -NH-CO-, обуславливающих структуру белка.

В других реакциях аминокислот с одновременным участием амино- и карбоксильных групп обратите внимание на поведение α-, β-, γ-аминокислот при нагревании.

Пример. Какие из формул дипептида аспарагиновой кислоты и лизина написаны неверно и почему?

(1) 

(2) 

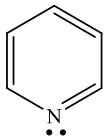
(3) 

Ответ. В образовании пептидной связи участвуют α-амино и α-карбоксильные группы аминокислот, поэтому правильной формулой дипептида является формула (2).

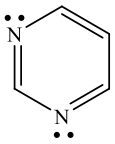
Гетероциклические соединения очень широко распространены в природе. Некоторые гетероциклические соединения широко используются в технике. Разберитесь в классификации гетероциклических соединений в зависимости от количества атомов в цикле, природы и числа гетероатомов, количества циклов. Изучите номенклатуру гетероциклических соединений.

Большинство ненасыщенных гетероциклических соединений обладает ароматическим характером (трудно вступают в реакции присоединения и окисления, склонны к реакциям замещения). Объясняется это образованием сопряженной системы электронов - ароматического секстета.

У шестичленных гетероциклов ароматический секстет образуется при взаимодействии р-электронов трех сопряженных двойных связей (как у бензола):

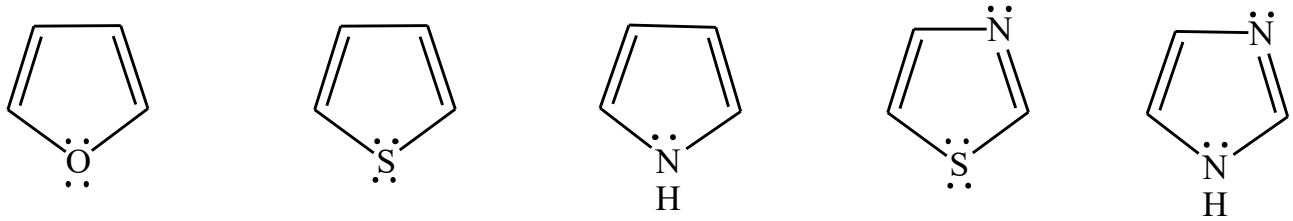


Пиридин



Пиримидин

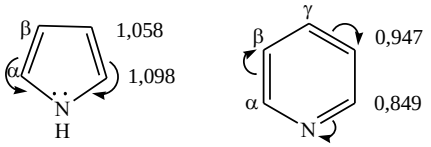
У пятичленных гетероциклов секстет образуется при взаимодействии двух сопряженных двойных связей с одной неподелённой электронной парой гетероатома:



Фуран Тиофен Пиррол Тиазол Имидазол

Однако по сравнению с бензолом в гетероциклических соединениях нет полного выравнивания электронной плотности, поэтому их химические свойства имеют свои особенности. Так, простейшие пятичленные гетероциклические соединения: фуран, тиофен, пиррол вступают в реакции электрофильного замещения легче, чем бензол, так как атомы их циклов богаче электронами (6 электронов на 5 атомов). Однако плотность электронной пары гетероатома распределена неравномерно – больше в α-положении к гетероатому, поэтому замещение происходит преимущественно в α-положении. С другой стороны, они обладают свойствами сопряженных диенов, легко вступая в реакции присоединения, например, гидрирования.

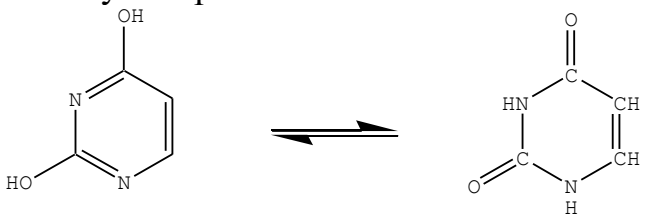
У пиридина, наоборот, электронная плотность смещена в сторону более электроотрицательного гетероатома; поэтому в реакциях электрофильного замещения, протекающих с трудом, более реакционным является β-положение (см. схему). Схема распределения π-электронной плотности в ядрах пиррола и пиридина:



Уменьшение электронной плотности атомов углерода пиридина объясняет его склонность к реакциям нуклеофильного замещения (с $NaNH_2$, KOH).

Отличаются гетероциклические соединения от бензола способностью проявлять кислотные (пиррол, имидазол) и основные (пиридин и другие азотсодержащие соединения) свойства.

Особым свойством гидроксильных производных гетероциклов (пуриновых и пиримидиновых оснований и др.) является их способность к кето-енольной таутомерии.

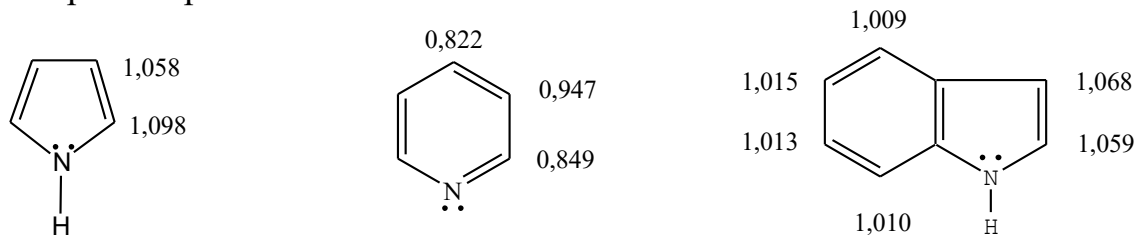


Енольная форма урацила Кетонная форма урацила

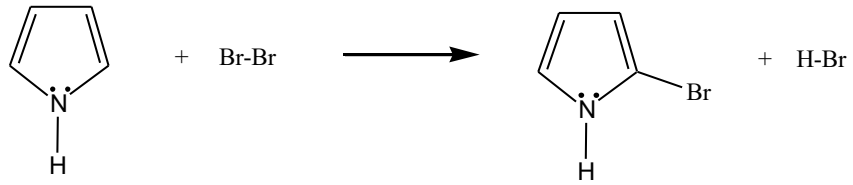
Обратите особое внимание на важные в биологическом отношении производные гетероциклов.

Пример. Укажите, какие продукты образуются при бромировании пиррола, пиридина, индола.

Ответ. Электрофильное замещение происходит в соответствии с распределением р-электронной плотности:

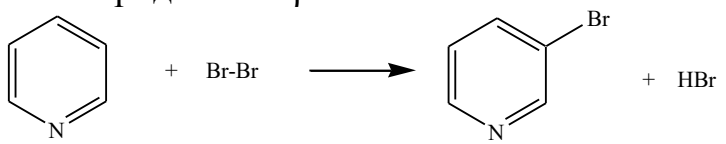


1. У пиррола – в α-положении:



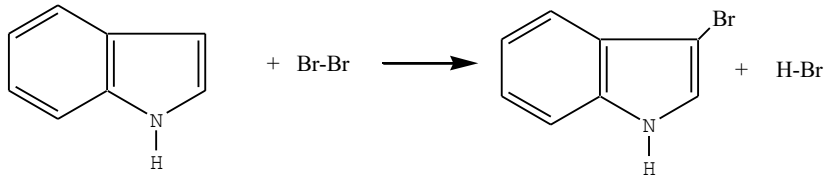
α-бромпиррол

2. У пиридина – в β-положении:



β-бромпиридин

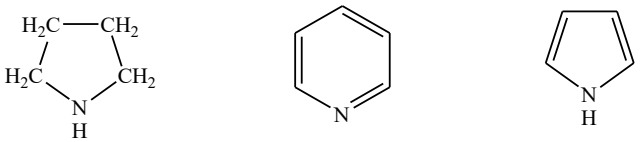
3. У индола, в отличие от пиррола, в β-положении:



β-броминдол

Пример. Сравните основные и кислотные свойства пирролидина, пиррола, пиридина.

Ответ. Сравнивая константы основности, можно расположить заданные соединения в следующий ряд:



$K_в = 1{,}3 \cdot 10^{-3}$ > $K_в = 2{,}4 \cdot 10^{-9}$ > $K_в = I \cdot 10^{-10}$

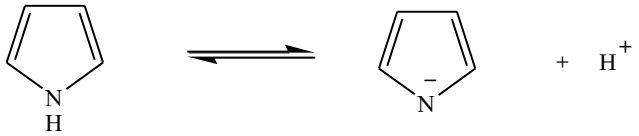
Ослабление основных свойств пиррола по сравнению с пиридином объясняется понижением электронной плотности на атоме азота в результате участия его электронной пары в ароматическом секстете. Электронная пара азота пиридина не входит в ароматический секстет. С другой стороны, плотность этой электронной пары частично распределена на атомы углерода ароматического ядра (как у анилина, где

$K_в = 3{,}8 \cdot 10^{-10}$), что ослабляет основные свойства.

У пирролидина основные свойства аналогичны свойствам вторичных аминов жирного ряда (см. свойства аминов).

Кислотными (очень слабыми: $K_а = 3{,}2 \cdot 10^{-17}$) свойствами обладает лишь пиррол. В его молекуле при электроотрицательном атоме азота есть атом водо-

рода, а образующийся при диссоциации анион стабилизирован сопряжением отрицательного заряда с ароматической системой (как у фенола).



Вопросы для самоконтроля

1 Что получится при нитровании изобутана по реакции Коновалова? Разберите механизм этой реакции.

2 Напишите структурные формулы всех аминов состава C_4H_9N. Назовите их. Какие из них являются первичными, вторичными, третичными?

3 Какие из аминов: $CH_3\ NH_2$; $(CH_3)_2NH$; $(CH_3)_3N$; $C_6H_5N(CH_3)_2$ будут вступать в реакции с HCI, CH_3I, HNO_2? Напишите уравнения реакций. Какие из этих аминов являются наиболее сильными и наиболее слабыми основаниями? Дайте объяснение.

4 Рассмотрите строение α-аминокислоты на примере аминоуксусной кислоты. Что называется биполярным ионом? Напишите уравнения реакций, характеризующих амфотерный характер аминокислот.

5 На примере аминовалериановых кислот охарактеризуйте отношение различных по строению аминокислот к нагреванию. Назовите полученные продукты. Какие из изомерных аминокислот оптически активны?

6 Напишите уравнения реакций взаимодействия аланина со следующими реактивами: HCl, NaOH, $CuSO_4$, ацетальдегидом, ацетилхлоридом.

7 Сравните основные свойства этиламина и ацетамида. Дайте объяснения.

8 Напишите реакции галогенирования, нитрования, сульфирования тиофена, сравните химические свойства тиофена, фурана, пиррола.

9. Напишите уравнения реакций пиридина с HCI, CH_3I, KOH, $NaNH_2$, HNO_2.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1 Выбор варианта и оформление и контрольной работы

Контрольную работу следует выполнить её в школьной тетради, на обложке которой указать название дисциплины, номер варианта, фамилию и инициалы, номер студенческого билета.

На первой странице работы указать номера задач варианта.

Каждое задание написать перед её решением в порядке возрастания номеров заданий;

В конце контрольной работы привести список используемой литературы;

Датировать контрольную работу и подписать её.

Если контрольная работа не допущена к защите, то выполняется письменная работа над ошибками в конце тетради, после чего контрольная работа направляются на повторное рецензирование.

Если контрольная работа после рецензирования преподавателем допущена к защите, но в ней имеются замечания преподавателя, то перед защитой контрольной работы следует дать письменный ответ на каждое из них в этой же тетради.

Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, не рецензируется.

Защита контрольной работы производится в часы консультаций кафедры химии.

Контрольная работа включает десять заданий по органической химии.

Выбор заданий для каждого из разделов дисциплины производится по таблице вариантов в соответствии с двумя последними цифрами номера студенческого билета (табл. 3). Например, если номер студенческого билета 2865, то из таблицы следует выписать номера заданий: 5, 19, 24, 37, 50, 53, 67, 79, 82 и 95 обеих контрольных работ.

Обратите внимание, что ряд заданий являются типовыми, т.е. каждые десять задач имеют одинаковое условие, которое требуется выполнить применительно к индивидуальному заданию. Например, если шифр студенческого билета 2865, то по условию задачи 21–30 следует написать уравнения реакций под № 24.

Таблица 3

Варианты заданий

Предпоследняя цифра номера студенческого билета	Последняя цифра номера студенческого билета					
	0	1	2	3	4	5
0	10,17,21,38, 42,59,65,73,8 4,96	1,11,24,31, 44,51,61,71 81,91	2,12.21,32, 42,52,62,72, 82,92	3,13,23,33, 43,53,63, 73,83,93	4,14,24,34, 41,54,64, 74,84,94	5,15,25,35, 45,55,65, 75,85,95
1	10,20,30,40, 50,60,70, 75,88,100	1,12,23,34, 45,56,67, 78,89,100	2,13,24,35, 46,57,68, 79,90,91	3,14,25,36, 47,58,69, 80,81,92	4,15,26,37, 48,59,70, 71,82,93	5,16,27,38, 49,60,61, 72,83,94
2	10,11,22,33, 44,55,66, 77,88,99	1,20,29,38, 47,56,65, 74,83,92	2,11,30,39, 48,57,66, 75,84,.93	3,12,21,40, 49,58,67, 76,85,94	4,13,22,31, 50,59,68 77,86,95	5,14,23,32, 41,60,69, 78,87,96
3	10,19,28,37, 46,55,64, 73,82,91	1,13,25,37, 49,51,63, 75,87,99	2,14,26,38, 50,52,64, 76, 88,100	3,15,27,39, 42,54,66, 78,90,92	4,16,28,40, 41,53,65, 77,89,91	5,17,29,31, 43,55,67 77,89.91
4	10,11,23,35, 47,58,70, 79,87,95	1,11,23,35, 47,58,70, 79,87,95	2,12,24,36, 48,60,70, 78,86,94	3,13,25,38, 49,59,68, 77,85,93	4,14,27,40, 50,59,67, 74,81,91	5,15,28,39, 46,53,61, 72,82,96
5	10,20,22,37,4 3,51,64,75,90, 100	1,14,27,40, 47,52,63, 76,83,91	2,15,28,39, 46,51,64, 77,81,94	3,16,29,32, 50,52,66, 79,86,92	4,17,30,31, 45,58,70 73,82,98	5,16,21,36, 49,53,61, 74,90,100
6	10,13,26,38, 44,60,65, 78,87,100	1,15,29,33, 46,59,62, 75,88,91	2,16,30,34, 47,60,63, 76,89,92	3,17,21,35, 48,51,64, 77,90,93	4,18,22,36, 44,52,65, 78,81,94	5,19,24,37, 50,53,67, 79,82,95
7	10,14,23,31, 42,58,70, 74,87,100	1,16,30,34, 48,56,69, 74,83,94	2,18,21,31, 44,50,64, 71,84,91	3,19,22,35, 47,59,62, 77,82,92	4,11,24,38, 42,57,63, 72,88,93	5,20,23, 37,41,54, 6378,81,99

8	10,17,26,39, 43,55,67,76, 90,97	1,17,21,36, 42,54,67, 73,86,91	2,19,22,33, 49,51,64, 80,85,93	3,20,27,34, 50,56,62, 78,83,96	4,11,25,40, 44,55,68, 74,87,92	5,12,26,31, 47,59,63, 77, 90,95
9	10,18,30,39, 46,58,69,76, 84,98	1,18,22,39, 43,60,66, 74,85,97	2,19,23,40, 44,51,67, 75,86,98	3,20,24,31, 45,52,68, 76,87,99	4,11,25,32, 46.53,69, 77,88,100	5,12,26,33, 47,54,70, 78,89,91

Окончание табл. 3

Предпоследняя цифра номера студенческого билета	Последняя цифра номера студенческого билета			
	6	7	8	9
0	6,15,26,36, 46,56,66,76, 86,96	7,16,27,37, 47,57,67,77, 87,97	8,18,28,38, 48,58,68,78, 88,98	9,19,29,39, 49,59,69,79, 89,99
1	6,17,28,39, 50.51,62,73, 84,95	7,18,29,40, 41,52,63,74, 85,96	8,19,30,31, 42,53,64,75, 86.97	9,20,26,32, 43,54,65,76, 87,98
2	6,15,24,33, 42,51,70,79, 88,97	7,16,25,.34, 43,52,63,80, 89,98	8,17,26,35, 44,53,62,71, 90,99	9,18,27,36, 45,54,63,72, 91,100
3	6,18,30,32, 44,56,68,80, 82,94	7,19,21,33, 45,57,69,71, 83,95	8,20,22,34, 46,58,70,72, 84,96	9,12,23,36, 48,60,62,74, 86,98
4	6,16,29,31, 44,57,69,80, 88,92	7,17,30,32, 45,60,62,73, 80,97	8,18,26,34, 41,54,64,71, 84,98	9,19,24,33, 42,55,65,80, 83,99
5	6,19,24,37, 41,56,69,80, 84,95	7,20,22,33, 42,56,62,71, 85,96	8,11,23,34, 48,54,68,75, 89,97	9,12,23,35, 43,57,63,76, 88,99
6	6,20,25,38, 41,54,67,71, 83,96	7,11,26,39, 43,56,69,71, 84,97	8,12,27,40, 47,53,67,72, 85,98	9,13,28,39, 48,54,65,73, 86,99
7	6,12,29,33, 48,52,68,73, 89,95	7,13,28,32, 49,53,61,75, 85,96	8,14,27,36, 44,58,65,80, 86,100	9,15,23,40, 43,54,66,79, 83,98
8	6,13,28,32, 48,60,61,75, 88,99	7,14,29,35, 43,52,65,79, 81,94	8,15,24,37, 41,53,70,72, 89,97	9,16,25,38, 45,55,66,71, 81,98
9	6,13,27,34, 48,55,61,79, 90,92	7,14,28,35, 49,56,62,80, 81,93	8,15,29,36, 50,57,63,71, 82,94	9,16,30,37, 41,53,64,72, 83,96

Оформление титульного листа контрольной работы:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт агроинженерии и пищевых систем
Кафедра химии

Контрольная работа
допущена к защите:
должность (звание), ученая степень
_____Фамилия И.О.
«___»_____202__г.

Контрольная работа
защищена
должность (звание), ученая степень
_____Фамилия И.О.
«___»_____202__г.

Контрольная работа
по дисциплине
«ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Шифр студента_____
Вариант №_____

Работу выполнил:
студент гр._____
_____Фамилия И.О.
«___»_____202__г.

Калининград - 20__

Контрольные задания приведены в приложении.

2.2. Методические указания по выполнению заданий контрольной работы

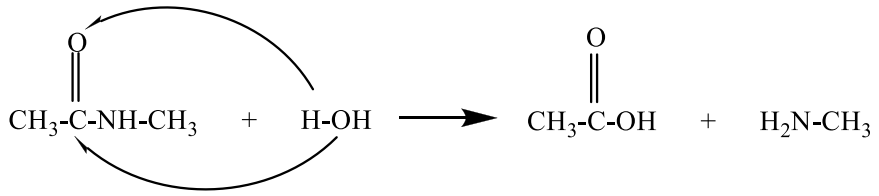
Согласно учебному плану дисциплины «Органическая химия» студенты формы обучения выполняют одну контрольную работу.

Для выполнения первого задания (№ 1–10) следует изучить строение и номенклатуру углеводородов [1–4], формулы приведены в вашем задании.

Задания с № 11 по 60 охватывают учебный материал по темам «Строение и свойства основных классов функциональных производных углеводородов».

Во втором задании (№ 11–20) требуется написать уравнения реакций замещения, присоединения, кислотно-основного взаимодействия, комплексообразования, разложения, отщепления, поликонденсации, циклизации соединений, относящихся к различным классам. Необходимо учитывать механизм реакций и, как следствие, направление реакций. Например, присоединение галогеноводородов, воды к алкенам и α и β-ненасыщенным карбоновым кислотам происходит в одном случае в соответствии с правилом Марковникова, в другом – в обратном порядке, вследствие противоположного влияния групп, связанных с атомом углерода, имеющим кратную связь. Разберитесь в этих вопросах по учебникам [1–2]; [1–4]. Теоретические положения курса нужно применять и в реакциях других типов. Так, гидроксид меди с уксусной кислотой образует соль, с глицерином и молочной кислотой вступает в реакцию комплексообразования, а с альдегидами – в реакцию окисления. Во всех случаях, если реакция не происходит при простом смешивании реагентов и необходимы особые условия ее проведения (нагревание, участие катализаторов и т. д.), следует указать эти условия. В уравнениях реакций соединения изображаются структурными формулами, приводятся названия исходных веществ и продуктов реакции. При выполнении задания также следует учитывать теоретические положения. Так, в реакциях крекинга, дегидрирования алканов образуется смесь продуктов. При отщеплении галогеноводородов от галогенопроизводных, воды от спиртов следует учитывать подвижность водорода (правило Зайцева). В зависимости от строения дикарбоновых кислот, оксикислот и аминокислот происходят различные реакции при их нагревании и т. д.

В третьем задании (№ 21–30) приведены формулы соединений, относящихся к различным классам производных спиртов, фенолов, карбонильных соединений, карбоновых и неорганических кислот, аминов. Для того чтобы разобраться в их строении, следует написать соответствующую схему гидролиза [1–6]. Для того чтобы разобраться в строении производных оксисоединений и кислот, следует написать схему их гидролиза (наиболее простой способ), учитывая, что гидроксил соединяется с углеродом, а водород – с наиболее электроотрицательным атомом, например:



При выполнении четвёртого задания (31–40) необходимо разобраться в теоретических представлениях относительно взаимосвязи между строением органических соединений (геминальных полиолов, енолов) и их устойчивостью, а также путей перегруппировки неустойчивых органических соединений в более устойчивые. Следует обратить внимание на различную подвижность атомов водорода в гидроксильных группах различных оксисоединений, обусловленную проявлением индуктивного (спирты, фенолы) и мезомерного (фенолы) электронных эффектов [4–5].

Выполнению пятого задания (№ 51–60) должно предшествовать ознакомление с явлением пространственной (поворотной, геометрической и оптической) изомерии органических соединений [1–4].

При решении шестой задачи (№ 51–60) нужно установить строение соединения по его известным свойствам. Ответ должен быть подтвержден уравнениями реакций. В условии задана брутто-формула соединения. Нужно написать формулы возможных изомеров, которые могут относиться к разным классам (алкены и циклоалкены, спирты и простые эфиры, карбоновые кислоты и сложные эфиры и т.д.), затем провести анализ – какой из изомеров обладает заданными свойствами.

Для выполнения седьмого задания вначале следует с помощью алфавитного указателя учебников и учебных пособий [1–2]; [5] найти структурную формулу заданного соединения, затем, повторив тему «Гетероциклические соединения», дать ответ.

Восьмое, девятое и десятое задания (№ 71–100) выполните после изучения тем «Углеводы», «Липиды», «Белки». При изучении этих тем необходимо пользоваться учебниками и учебными пособиями по биохимии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Иванов, В. Г. Органическая химия: учебник / В. Г. Иванов, В. А. Горленко, О. Н. Гева. – 7-е изд., перераб. – Москва: Академия, 2012. – 560 с.

2. Артеменко, А. И. Органическая химия: учеб. пособие / А. И. Артеменко. – Москва: Высшая школа, 2003. – 605 с.

3. Иванов, В. Г. Органическая химия: учеб. пособие / В. Г. Иванов, В. А. Горленко, О. Н. Гева. – 5-е изд., стер. – Москва: Академия, 2009. – 621 с.

4. Петров, А. А. Органическая химия: учеб. для студ. хим.-технолог. вузов А. А. Петров, Х. В. Бальян, А. Т. Трощенко; под ред. М. Д. Стадничук. – 5-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Иван Федоров, 2002. – 622 с.

5. Березин, Б. Д. Курс современной органической химии: учеб. пособие / Б. Д. Березин, Д. Б. Березин. – Москва: Высшая школа, 2001. – 768 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Контрольные задания

1-10. Напишите формулы заданных углеводородов и укажите, к каким классам они относятся. На основе соединения а), напишите формулу и название одного первичного радикала. Для соединения б) напишите формулы двух ближайших гомологов и структурных изомеров (по одному примеру на каждый вид изомерии), назовите соответствующие виды изомерии. Для соединения в) укажите валентные состояния атомов углерода и величины валентных углов в главной цепи. Определите, какие из приведенных соединений содержат сопряжённые системы электронов. Назовите вид сопряжения.

1. а) 2-метилгептан; б) 3-метилгексен-3; в) 3-метилпентин-1; г) вторбутилбензол; д) пентадиен-1,3.
2. 3,3-диметилгексан; б) пентен-2; в) 4-метилгексин-1; г) изобутилбензол; д) бутадиен-1,3.
3. 3-этилгептан; б) 2-метилгексен-1; в) 3,3-диметидбутин-1; г)1-метил-3-этилбензол; д) гексадиен-2,4
4. а) 3-метилпентан; б) 4-метилгептен-1; в) 4-этилоктин-1; г) 1-метил-2-изопропилбензол; д) 2-метилпетадиен-1,3.
5. а) 3-этилгептан; б) гексен-3; в) 4-метилпентин-2; г) 1,2-диметил-3-этилбензол; д) 2-метилбутадиен-1,3.
6. а) 2,4-диметилпентан; б) 4-метилгептен-2; в) 3-метилбутин-1; г) орто-метилизобутилбензол; д) гексадиен-1,2.
7. а) 2,3-диметилоктан; б) 3-метилгептен-3; в) 3-метилгексин-1; г) β-этилнафталин; д) 2,3-диметилпентадиен-1,2.
8. а) 2-метил-3-этил-гептан; б) 3-метилоктен-2; в) 3-метилпетин-1; г) мета-дивторбутил-бензол; изопрен.
9. а) 3,3-диэтилоктан; б) 3,3-диметилпетен-1; в) 4-метилпентин-2; г) α-третбутил-нафталин; д) дивинил.
10. 3-метил-3-этилгептан; б) 4,4-диметилнонен-2; в) гексин-2; г) изобутилбензол; д) гексадиен-2,3.

11-20. Напишите уравнения следующих реакций. Укажите, к какому типу реакций относится каждая из них. Определите, к какому классу органических соединений относится главный продукт каждой реакции.

11. а) пентин-1 + HOH $\xrightarrow{t}$
    б) этиленгликоль $\xrightarrow{t}$
    в) γ-аминокапроновая кислота $\xrightarrow{t}$
    г) масляный альдегид + $H_2N\text{-}C_2H_5 \rightarrow$;
12. а) бутин-1 + $Na\text{-}NH_2 \rightarrow$;
    б) ацетофенон + HCN $\xrightarrow{t}$;

в) щавелево-уксусная кислота $\rightarrow$

г) глицерин + $HNO_3 \rightarrow$;

13. а) циклобутан + $Br_2 \rightarrow$;

б) изобутиламин + $Cl\text{-}CO\text{-}CH_3 \rightarrow$;

в) лейцин $\xrightarrow{t}$;

г) этиленгликоль + $C_4H_9COOH \rightarrow$;

14. а) пентин-2 + $HOH \rightarrow$;

б) резорцин + $NaOH \xrightarrow{t}$;

в) янтарная кислота $\rightarrow$;

г) изобутиламин + $C_2H_5\text{-}CO\text{-}Cl \rightarrow$;

15. а) глутаровая кислота + $MgO \rightarrow$;

б) *о*-крезол + $FeCl_3 \rightarrow$;

в) аллиловый спирт $\xrightarrow{[O]}$;

г) бутандиол-1,2 + $C_3H_7COOH \rightarrow$;

16. а) изопрен + $Br_2 \rightarrow$;

б) глицерин + $Cu(OH)_2 \rightarrow$;

в) α-оксивалериановая кислота $\xrightarrow{[O]}$;

г) этиленгликоль + этаналь $\xrightarrow{t}$;

17. а) гликолевая кислота + $SOCl_2 \rightarrow$;

б) молочная кислота $\xrightarrow{t}$;

в) третпентиловый спирт $\xrightarrow{[O]}$;

г) ацетон + $NaHSO_3 \rightarrow$;

18. а) пировиноградная кислота + $H_2N\text{-}NH\text{-}C_6H_5 \rightarrow$;

б) янтарная кислота $\xrightarrow{t}$;

в) молочная кислота + $Cl\text{-}C(CH_3)_3 \rightarrow$;

г) изопропиловый спирт + янтарная кислота $\xrightarrow{t;\ [H^+]}$;

19. а) циклобутанон + $NaHSO_3 \rightarrow$;

б) метилфениламин + $HNO_2 \xrightarrow{[H]}$;

в) ацетоуксусная кислота $\xrightarrow{t}$;

г) яблочная кислота $\rightarrow$;

20. а) фталевая кислота + $NH_3 \rightarrow$;

б) формальдегид + фенол $\rightarrow$;

в) резорцин + $FeCl_3$ →;

г) α-пропионовая кислота $\xrightarrow{t}$;

21–30. Для заданных кислород- и азотсодержащих органических соединений укажите, к каким классам производных гидроксисоединений, оксосоединений, карбоновых кислот и аминов они относятся; приведите названия; для производных гидроксисоединений и карбоновых кислот напишите уравнения реакций гидролиза

21. а) CH_3-CH=N-NH_2;
    б) CH_3-CH_2-O-CO-$C_{15}H_{31}$
22. а) HOOC-CH_2-CO-O-PO_3H_2;
    б) CH_3-CH_2-CH=N-OH.
23. а) $(CH_3$-CH_2-O$)_2$ SO_2;
    б) CH_3-CH_2-C=N-NH_2.
24. а) $(CH_3)_2$C=N-OH;
    б) CH_2-O-CO-$C_{17}H_{31}$
25. а) CH_3-CH_2- CO-O-PO_3H_2;
    б) $(CH_3)_2$C=N-OH.
26. а) CH_3-CO-N$(CH_3)_2$;
    б) C_6H_5-CO-O-$C_{15}H_{31}$.
27. а) C_6H_5 –ONa;
    б) C_6H_5-CH_2-O-CO-C_6H_5 .
28. а) Cl-CO-$(CH_2)_2$-COOH;
    б) C_3H_5-O-N=O.
29. а) N≡C-CH_2-CH_2-COOH;
    б) HO-CH_2-CHOH-CH_2-O-SO_3H.
30. а) $(CH_3)_2$CH-CH_2-COBr;
    б) C_2H_5-O- PO_3H_2.

31–40 Напишите формулы заданных гидроксисоединений. Определите, какие из них неустойчивы, реагируют с NaOH, $Cu(OH)_2$, $FeCl_3$, какие продукты образуют при окислении. Напишите уравнения соответствующих реакций:

31 а) гексанол-2; б) пара-крезол; в) пентен-3-ол-2.
32 а) этиленгликоль; б) пирокатехин; в) пентен-1-ол-2.
33 а) 2-метилбутанол-1; б) флороглюцин; пентантриол-1,1,1.
34 а) виниловый спирт; б) мета-крезол; в) бутандиол-1,3.
35 а) гексен-3-ол-1; б) гидрохинон; в) петандиол-2,2
36 а) буден-1-ол-1; гидрохинон; в) пропандиол-1,2.
37 а) буден-3-ол-2; б) пирогаллол; в) гесандиол-2,2.
38 а) 2-метилгесканол-1; б) мета-изопропилфенол; в) гексен-4-диол-2,2.
39 а) 4-метилпетанол-2; б) пара-этилфенол; в) бутен-2-ол-2.
40.а) изо-бутиловый спирт; б) 3-метилгексен-диол-2,2; в) оксигидрохинон.

41–50

41 Два соединения имеют одинаковый состав C_3H_8O. Первое взаимодействует с натрием, выделяя водород, при окислении образует вещество состава C_3H_6O,

дающее реакцию серебряного зеркала. Второе не реагирует на холоде с натрием, при нагревании с HJ дает CH_3J. Напишите структурные формулы первого и второго соединений.

42 Соединение состава $C_6H_{14}O$ при дегидратации дает продукт C_6H_{12}, при озонолизе которого получается смесь пропионового альдегида и ацетона. Каково строение соединения $C_6H_{14}O$?

43 Какова структурная формула вещества состава $C_6H_{14}O$, не реагирующего при комнатной температуре с металлическим натрием, если при нагревании с избытком HJ оно образует соединение C_3H_7J, дающее при гидролизе пропанол-2?

44 Установите строение вещества $C_4H_6O_2$, если оно растворяется в NaOH (водный раствор) с образованием вещества $C_4H_5O_2Na$, а при озонолизе дает уксусный альдегид и глиоксиловую кислоту.

45 Напишите структурную формулу соединения $C_4H_8O_3$, растворимого в щелочах, а при нагревании образующего соединение $C_4H_6O_2$. Оба соединения существуют в виде пространственных изомеров.

46 Установите строение углеводорода C_6H_{14}, если он может быть получен по реакции Вюрца из вторичного галоидного алкила в качестве единственного продукта реакции, а при его мононитровании образуется третичное нитросоединение. Напишите схемы соответствующих реакций.

47 Установите строение углеводорода C_8H_6, обесцвечивающего раствор брома в четыреххлористом углероде, дающего осадок с аммиачным раствором нитрата серебра, а при окислении образующего бензойную кислоту. Напишите названия веществ и схемы соответствующих реакций.

48 Установите строение вещества состава C_7H_8, если оно нитруется концентрированной азотной кислотой с образованием двух нитросоединений состава $C_7H_7NO_2$ и окисляется водным раствором перманганата калия до соединения $C_7H_6O_2$, легко растворимого в щелочах. Напишите схемы соответствующих реакций.

49 Определите строение вещества C_7H_8O, которое не даёт цветной реакции с хлорным железом, а при окислении раствором $KMnO_4$ образует вещество состава $C_7H_6O_2$, растворимое в водном растворе щёлочи.

50 Окисление карбонильного соединения C_4H_8O сильными окислителями приводит к образованию смеси уксусной и пропионовой кислот, CO_2 и H_2O. Какую структурную формулу имеет это соединение?

51–60 Напишите структурные формулы пространственных изомеров приведенных соединений. Назовите изомеры и виды изомерии.

51 Яблочная кислота; 1,2-диметилциклобутан.

52 2-гидроксибутановая кислота; пентен-2.

53 Молочная кислота; 1,3-дихлорциклобутан.

54 2-метилпентановая кислота; кротоновый альдегид.

55 Циклопентан-1,2-дикарбоновая кислота, винная кислота.

56 Бутендиовая кислота; 2,3-дихлорпентан.

57 Глицериновый альдегид; 1,2-дибромциклопропан.

58 α-хлорянтарная кислота; бутадиен-1,3.

59 2,4-дихлорпентан; 1,3-динитроциклобутан.

60 Глицериновая кислота; 1,3-дихлорциклопентан.

61–70 Для заданной аминокислоты укажите в какой среде находится её изоэлектрическая точка? Какой заряд имеет ион аминокислоты в сильнощелочной среде? Приведите уравнения реакций получения заданной аминокислоты, а также уравнения её реакций с HCl и NaOH.

61 Треонин
62 Серин
63 Триптофан
64 Глутаминовая кислота
65 Аргинин
66 Тирозин
67 Фенилаланин
68 Аспарагиновая кислота
69 Лейцин
70 Лизин

71–80 Рассчитайте степень полимеризации

71 Полиэтилена с молекулярной массой 4000.
72 Натурального каучука с молекулярной массой 800 000.
73 Найлона с молекулярной массой 21 000.
74 Поливинилхлорида с молекулярной массой 630 000.
75 Полистирола с молекулярной массой 104 000.
76 Клетчатки с молекулярной массой 1 000 000.
77 Полиизобутилена с молекулярной массой 100 000.
78 Поливинилацетата с молекулярной массой 1 600 000.
79 Полиметилметакрилата с молекулярной массой 2 000 000.
80 Политетрафторэтилена с молекулярной массой 40 000.

81–90 Какие из заданных соединений могут быть использованы для получения высокомолекулярных соединений? Напишите уравнения реакций их получения и назовите полученный полимер:

81 $CF_2= CF_2$; CH_3-CHO.
82 $(C_3H_7)_2Si(OH)_2$; H_2C=CH-CHO.
83 CH_2=CH-CH=CH_2; Cl-OC-$(CH_2)_4$-CO-Cl.
84 N≡C-CH=CH_2; HOOC-$(CH_2)_2$-COOH.
85 HO-CH_2-CH(OH)-CH_2-OH; CFCl=CF_2.
86 CH_2=C(Cl)-CH=CH_2; HOOC-$(CH_2)_4$-COOH.
87 H_2C=CH-O-$COCH_3$; HO-CH_2-CH_2-OH.
88 H_2C=O; H_2N-$(CH_2)_6$-NH_2.
89 пара-HOOC-C_6H_4-COOH; CH_2=C(CH_3)-$COOCH_3$.
90 орто-HOOC-C_6H_4-COOH; CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2.

91–100 Для заданного высокомолекулярного соединения указать: тип полимера (карбоцепной, гетероцепной, элементорганический), метод получения, способность образовывать сшитые структуры; описать технические способы получения; охарактеризовать физико-химические свойства и назвать области использования:

91 Полиуретаны

92 Поливиниловый спирт
93 Лавсан
94 Полистирол
95 Поливинилацетат
96 Полиметилметакрилат
97 Полиакрилонитрил
98 Полиорганосилоксаны
99 Энант
100 Анид.

Приложение 2

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Предмет органической и биологической химии.
2. Теория химического строения органических соединений А. М. Бутлерова и её дальнейшее развитие.
3. Электронная конфигурация атома углерода в органических соединениях.
4. Виды химической связи в молекулах органических соединений: ковалентная (механизмы образования; σ- и π-; одинарная и кратная; основные характеристики), ионная и водородная.
5. Структурная изомерия.
6. Пространственная изомерия.
7. Взаимное влияние атомов в молекуле (индуктивный эффект, эффект сопряжения).
8. Классификация органических соединений.
9. Гомолитический и гетеролитическиций разрыв ковалентной связи. Реакции радикальные и ионные (электрофильные и нуклеофильные).
10. Кислотность и основность органических соединений.
11. Гомология. Функциональные группы.
12. Классификация органических соединений.
13. Номенклатура органических соединений.
14. Сырьевые источники органических соединений.
15. Насыщенные углеводороды (алканы, циклоалканы), строение, получение, свойства, применение.
16. Ненасыщенные углеводороды (алкены, алкины, алкадиены, арены), строение, получение, свойства, применение
17. Галогенопроизводные, классификация, строение, получение, свойства, применение.
18. Спирты и фенолы, классификация, строение, получение, свойства, применение.
19. Общее представление о тиолах, сульфидах, органических гидроперекисях и перекисях.
20. Простые эфиры, строение, свойства, применение.
21. Альдегиды и кетоны, классификация, строение, получение, свойства
22. Карбоновые кислоты, классификация, строение, получение, нахождение в природе, свойства, применение.
23. Галогенангидриды, строение, получение, свойства.
24. Ангидриды, строение, получение, свойства.
25. Амиды и нитрилы, строение, получение, свойства.
26. Сложные эфиры. Строение. Получение. Свойства. Нахождение в природе.
27. Оксикислоты. Классификация. Строение. Получение. Свойства.
28. Амины. Классификация. Получение. Строение. Основность. Свойства. Применение.
29. Аминокислоты. Классификация. Получение. Нахождение в природе. Строение. Амфотерность. Свойства. Применение.
30. Гетероциклические соединения. Классификация. Характеристика химических свойств. Важнейшие представители.

Локальный электронный методический материал

Виктор Иванович Воробьев
Наталья Павловна Нефедова

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 4,0. Печ. л. 3,2

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1