

Заочная школа

ХИМИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

10 класс. Задание № 1

Основные понятия органической химии.

Номенклатура и изомерия органических соединений

Углеводороды

Новосибирск

Разработка задания: к.х.н., М.П. Половинка

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Приступая к выполнению задания, внимательно прочтите методические указания. Попробуйте самостоятельно решить задачи, указанные в качестве примера. Сравните свой ход решения с решением в задании. Работа может быть оформлена на бумажном носителе (в ученической тетради в клетку) или в виде файла: лучше всего в виде набранного документа в формате .doc, .docx, .rtf, формулы и рисунки можно делать с помощью встроенного в Word редактора или вставлять в виде небольших картинок, отсканированных (или сфотографированных) с белых листов бумаги. Если Вы собираетесь сканировать работу, то оформляйте **не в тетради, а на белых листах формата А4**. Старайтесь, чтобы количество листов было минимальным. Пишите разборчиво, т.к. после сканирования иногда сложно разобрать текст. **Не нужно** присылать отдельным файлом каждую страницу Вашей работы. Сканируйте все страницы подряд – в один файл! Лучше сохранять в PDF формате. Обязательно пишите краткое условие задачи, а затем ее решение. Указывайте номера задач – они должны совпадать с теми, которые указаны в задании. Обязательно оставляйте поля для замечаний преподавателя.

На обложке тетради или (если работа в файле, то на 1 странице) нужно указать:

1. Отделение (химическое).
2. Номер задания, тема.
3. Класс, в котором Вы учитесь в Заочной школе.
4. Ваш почтовый адрес (с индексом отделения), конт. телефон, e-mail.
5. Фамилию, имя, отчество.

Убедительно просим оформлять обложку по указанному образцу.

Работу отправлять любым удобным для Вас способом:

● **на бумажном носителе:** простой или заказной бандеролью. В тетрадь вложите листок бумаги размером 6x10 см, с написанным на нем Вашим почтовым адресом;

● **в электронном виде:**

➤ по e-mail (zfmsh@yandex.ru). Просите подтвердить получение Вашей работы!;

➤ или через личный кабинет сайта ЗШ: <http://sesc.nsu.ru/zfmsh/moodle>

Требования к оформлению работ в электронном виде есть на сайте ЗШ: <http://sesc.nsu.ru/zfmsh/pupil/rules>

Подробная информация на сайте ЗШ: <http://zfmsh.nsu.ru>

Тел./факс:(383)363-40-66; E-mail: zfmsh@yandex.ru

Адрес: ЗШ СУНЦ НГУ, ул. Пирогова, 11/1 (Ляпунова, 3), к. 455, Новосибирск-90, 630090

© Специализированный учебно-научный центр НГУ, 2018

«Нет в мире непонятого, но многое ещё не понято».

И.И.Мечников

Как было написано в одной задаче на вступительных экзаменах на химический факультет МГУ, «...в 1999 году зарегистрировано 18-миллионное органическое вещество...», а далее по условию предлагалось по названию нарисовать его структурную формулу. Чаще всего в таких задачах просят нарисовать возможные изомеры и определить тип изомерии. Казалось, это самые простые задачи в курсе органической химии, в которых не нужно проводить вычислений, вспоминать химические свойства, а требуется изобразить структурные формулы веществ по названию или дать название вещества по структурной формуле в соответствии с правилами ИУРАС (Международного союза теоретической и прикладной химии), то есть по международной номенклатуре. Однако практика показывает, что даже такие с виду простые задания могут заставить школьника врасплох. Для того, чтобы вы могли успешно справляться с подобными задачами, ниже кратко напомним вам основные положения структурной теории органической химии и правила международной номенклатуры.

Теория строения органических соединений А.М.Бутлерова.

1. Атомы в молекулах органических соединений связаны между собой в определенном порядке химическими связями в соответствии с их валентностью. Углерод во всех органических соединениях четырехвалентен.

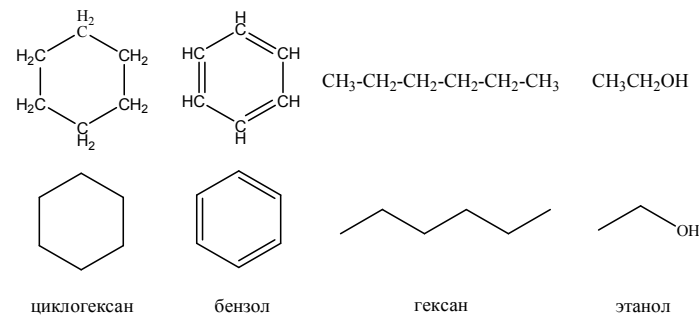
2. Свойства веществ зависят не только от их качественного и количественного состава, но и от порядка соединения атомов.

3. Атомы в молекуле взаимно влияют друг на друга.

Молекулярная или брутто-формула указывает на качественный и количественный состав соединения, но не дает сведений о его структуре: C_6H_6 , C_2H_6O . Здесь сразу же вспомним, что молекулярная формула, соответствующая предельным углеводородам (алканам) – C_nH_{2n+2} , алкенам или циклоалканам – C_nH_{2n} , алкинам, диенам или циклоалкенам – C_nH_{2n-2} , где n – целое число.

Структурная формула описывает порядок соединения атомов в молекуле. Химические связи в структурных формулах изображаются черточками. Наиболее часто применяется написание формул, где связь между водородом и другими атомами обычно не указывается, например, $CH_3-CH_2-CH_3$. Кроме того, в современной химической

литературе часто структурные формулы рисуются без написания символов атомов углерода, изображаются лишь связи, соединяющие их между собой и функциональные группы; количество атомов водорода вычисляется в соответствии с положением теории Бутлерова о том, что во всех органических соединениях атом углерода четырехвалентен:



Функциональная группа – атом (кроме водорода) или группа атомов, связанная с атомом (атомами) углерода, определяющая, как правило, химические свойства данного соединения и отношение к определенному классу органических соединений. (См. ниже *таблицу 1*).

Гомологи – соединения, содержащие общий структурный фрагмент (одинаковую функциональную группу), то есть, относящиеся к одному классу и обладающие сходными химическими свойствами, отличающиеся на гомологическую разность – n – групп CH_2 , где n – любое целое число. Совокупность всех гомологов образует **гомологический ряд**.

Задача 1. Среди перечисленных соединений (циклогексен, октан, пентин-1, гексадиен-2,4, гексин-2, бутадиен-1,3, циклогексан, ацетилен, 2-метилпентен-1, 3-метилпентин-1, пентадиен-1,3, циклопентен) необходимо выделить: а) изомеры; б) гомологи октадиена-2,4. (Если у вас возникли проблемы с написанием структур, названия которых перечислены, прочтите далее материал задания, а потом вернитесь к задаче 1).

Из второго пункта теории А.М.Бутлерова вытекает понятие изомерии.

Изомеры – вещества, имеющие одинаковую молекулярную формулу, но разное строение молекул (то есть разные структурные формулы). Выделяют два основных типа изомерии: структурная и пространственная.

Структурные изомеры – изомеры с разным порядком соединения атомов.

Можно выделить три группы структурных изомеров:

1. вещества, отличающиеся порядком соединения атомов углерода (**изомерия углеродного скелета**):

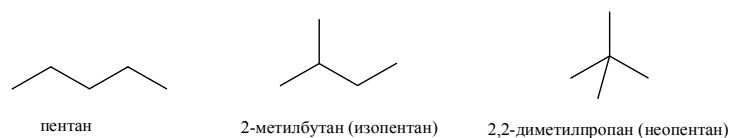
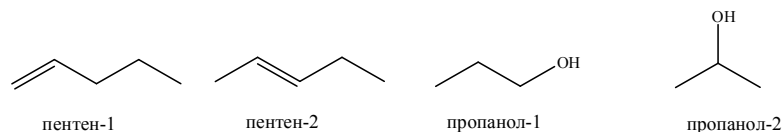
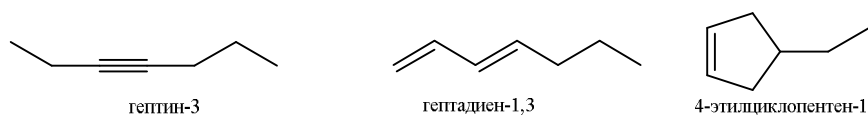


Рисунок 1.

2. **изомеры положения кратной связи или функциональной группы:**

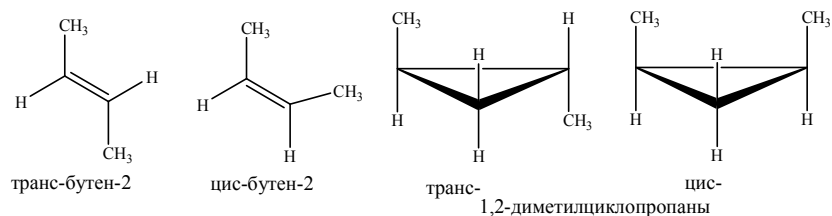


3. **межклассовые изомеры** - вещества с одинаковой молекулярной формулой, но различным строением молекулы, относящиеся к разным классам органических соединений; на приведенной схеме пентин-1, пентадиен-1,3 и циклопентен представители класса алкинов, алкадиенов и циклоалкенов соответственно.



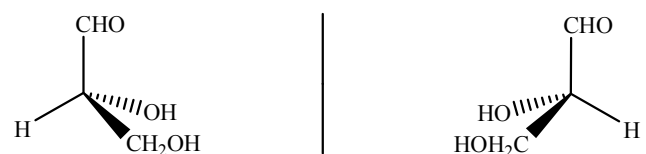
Пространственные изомеры – вещества с одинаковым порядком соединения атомов в молекуле, но различным взаимным расположением их в пространстве.

1. **Цис-транс-изомеры** существуют у соединений, содержащих двойную связь или цикл:



В *цис*-изомерах одинаковые заместители у различных атомов углерода находятся по одну сторону от некоторой плоскости (плоскости, в которой лежат *p*-орбитали π -связи или плоскости цикла), а в *транс*-изомерах – по разную. *Цис-транс*-изомеры обладают различными химическими и физическими свойствами.

2. **Оптические изомеры** образуют молекулы, которые несовместимы со своим зеркальным отражением, например, молекулы, в которых имеется хотя бы один асимметрический центр – атом углерода, связанный с четырьмя различными заместителями.



Оптические изомеры глицеринового альдегида (2,3-дигидроксипропаналь)

Такое свойство обозначается термином «**хиральность**», пространственные изомеры называются **оптическими антиподами** или **энантиомерами**. Наличие асимметрического атома не является единственной причиной энантиомерии, существует также осевая и плоскостная хиральность.

Энантиомеры обладают, как правило, одинаковыми физическими свойствами (температуры плавления и кипения, растворимость и другие характеристики). Отличия проявляются в способности вращать плоскость поляризации света, которая называется оптической активностью и измеряется в специальных приборах поляриметрах. Отличия проявляются также в химических реакциях с хиральными реагентами, например, в реакциях оптически активных природных молекул с ферментами.

3. **Поворотные изомеры (конформеры)** возникают как результат изменения относительного положения непосредственно не связанных между собой групп атомов в молекуле за счет их вращения вокруг простой связи.



заслоненная конформация бутана

заторможенная конформация бутана

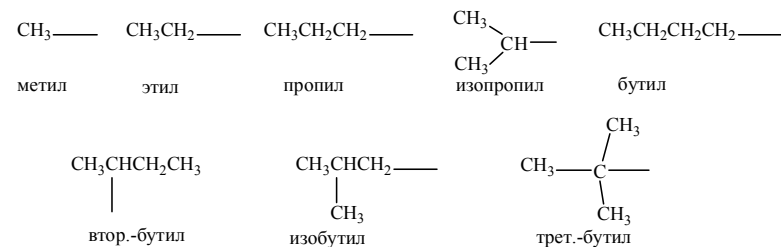
При обычных температурах конформации легко переходят друг в друга.

Наука, изучающая свойства и превращения молекул, определяемые их различным пространственным строением, называется стереохимией и представляет собой большой раздел органической химии.

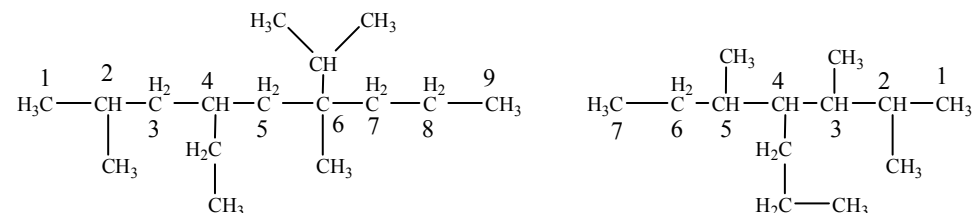
Рассказывая об основных понятиях органической химии, мы приводили формулы органических веществ, а под ними названия. Чтобы далее не возникло путаницы в рассмотрении нового материала, сделаем небольшой экскурс в номенклатуру органических соединений, то есть попытаемся научить вас называть самостоятельно органические вещества по структурной формуле и, наоборот, рисовать структурную формулу по названию. Правила международной номенклатуры (ИЮПАК) достаточно сложны и полностью опубликованы в солидных химических изданиях, достаточно хорошо и кратко они изложены, например, в книге Грандберга И.И. «Органическая химия» (практические работы и семинарские занятия) (Москва, Дрофа, 2001). В наше время химики пользуются системой Интернета для составления правильного названия соединения. Однако на уроках органической химии и на экзаменах под рукой как правило не бывает компьютера, а потому изложим ниже основные правила номенклатуры, которые помогут вам в ответах на вопросы школьных задач. Не раз в тексте вам приходилось встречать понятие углеродного скелета, то есть последовательности атомов углерода соединенных между собой. В углеродном скелете могут быть первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода. Первичный атом углерода соединен с одним атомом углерода, вторичный – с двумя атомами углерода и так далее. Скелет, содержащий только первичные и вторичные атомы углерода, называется неразветвленным. Скелет, содержащий на ряду с первичными и вторичными атомами углерода, третичные и четвертичные – разветвленным. На *рисунке 1 (стр.5)* пентан – неразветвленный скелет, изопентан и неопентан – разветвленные скелеты. Неразветвленный скелет еще называют «нормальным» скелетом.

В начальных параграфах любого учебника по органической химии, как правило, приводится таблица предельных углеводородов от C₁ до C₁₀, на базе названий нормальных углеродных скелетов строятся более сложные. Углеводороды образуют соответствующие их структуре радикалы, которые в отличие от исходного углеводорода с суффиксом –ан на конце, оканчиваются на суффикс –ил и имеют на один водородный атом меньше. Далее приведем названия наиболее распространенных радикалов.

Предельные радикалы:



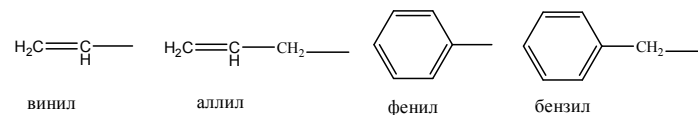
Для того, чтобы самому успешно называть сложные органические молекулы, сначала научитесь называть предельные углеводороды. Для этого следует выучить названия предельных углеводородов (минимум от C₁ до C₁₀), названия радикалов. В структуре углеводорода выделяют самую длинную и наиболее разветвленную углеродную цепь, то есть цепь с наибольшим количеством заместителей (радикалов). Далее цепь нумеруют, направление нумерации выбирают так, чтобы цифры, указывающие положение заместителей, были наименьшими (сумма номеров заместителей должна быть наименьшей).



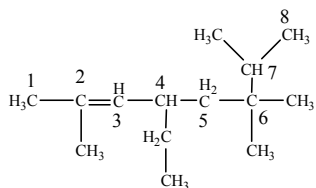
Радикалы перечисляются в алфавитном порядке.

Если в молекуле появляется кратная связь, она должна входить в главную цепь и иметь при нумерации остова меньший номер. Приведем структуры наиболее распространенных непредельных радикалов.

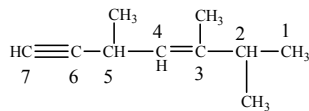
Непредельные радикалы и ароматические радикалы:



Двойная и тройная связь отличаются по старшинству (**таблица 1**, см. ниже), не забудьте учесть этот факт, если они одновременно находятся в молекуле, старшая группа должна иметь меньший номер атома углерода в цепи.



2,6,6,7-тетраметил-4-этилциклогексан-2



2,3,5-триметилпентен-3-ин-6

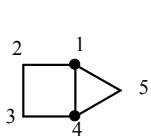
А теперь давайте попробуем решить задачу на составление изомеров углеводородов с определенной молекулярной формулой. Главное - уяснить для себя, что молекулы веществ строятся на бумаге по принципу детского конструктора, важно не забывать соблюдать валентности атомов. Здесь, хотим заметить, что изображая формулы изомеров, не забывайте, что существуют циклические молекулы, а они в свою очередь могут содержать боковые цепи, кратные связи могут содержаться как в самом цикле, так и в боковой цепи, кроме того *цис*- и *транс*-изомеры могут быть следствием наличия в молекуле как двойной связи, так и цикла.

Задача 2. Приведите структурные формулы всех возможных изомеров углеводорода C_4H_6 , назовите их по международной номенклатуре.

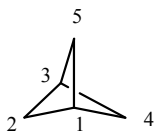
Если составленных вами структурных формул получилось 9, и вы смогли назвать все соединения - смело переходите к другим органическим молекулам, которые включают, наряду с углеродом и водородом, кислород, азот и другие гетероатомы. (Гетероатомами называют все атомы в органической молекуле кроме углерода и водорода.) Если составленных структурных формул гораздо меньше – получите подсказку!

Подсказка. Общая формула предельных углеводородов – C_nH_{2n+2} . Сравните её с формулой C_4H_6 при $n=4$, не хватает 4-х атомов водорода до предельного углеводорода. Это может быть следствием наличия в молекуле тройной связи или двух двойных связей или двойной связи и цикла или двух циклов. А теперь повторите попытку решения задачи 2.

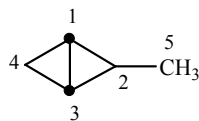
Сложнее всего в этой задаче для школьника – назвать бициклическое соединение; на примере углеводорода с формулой C_5H_8 , получают следующие названия:



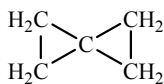
бицикло[2.1.0]пентан



бицикло[1.1.1.]пентан



2-метилбицикло[1.1.0]бутан



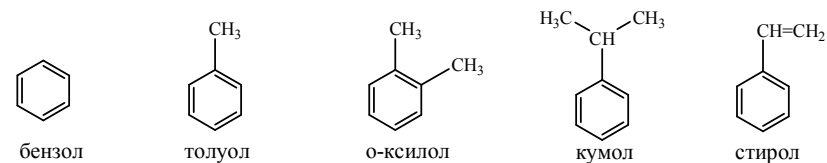
спиро[2,2]циклопентан

Рисунок 2.

Такие структуры называют по системе **Байера**. Согласно этой системе выбирается самый большой цикл в структуре. Его атомы нумеруют, начиная с **узловых** атомов (узловые атомы принадлежат сразу нескольким циклам, мостиками называют углеродные цепочки между узловыми атомами, они же по сути и составляют циклы) первые номера получают атомы самого длинного мостика. Последними нумеруются атомы внутренних мостиков. В названии указывается число циклов, число атомов во всех мостиках, соединяющих узловые атомы (в порядке уменьшения числа атомов в них) и наконец, общее число углеродных атомов в циклической системе, например, бицикло[2.1.0]пентан. Мостик в 0 атомов – это просто С-С-связь между узловыми атомами углерода, как видно из **рисунка 2**. Если в циклах есть заместители, то нумерация атомов проводится так, чтобы они имели меньший номер. Отдельно стоят спиро-соединения, такие циклические соединения, в которых два цикла имеют один общий атом углерода; название строится из приставки спиро-, далее в квадратных скобках цифры, обозначающие число атомов в циклах в порядке уменьшения, за скобками общее число атомов, входящее в оба цикла.

Систему Байера, мы думаем, вы освоите более глубоко, если в будущем посвятите себя изучению химии сложных полициклических систем, например, терпенов – природных соединений, выделяемых из растений. Чаще в школьных задачах встречаются замещенные ароматические соединения, включающие в структуру замещенное бензольное или нафталиновое кольцо.

Моноциклические и полициклические ароматические углеводороды называют арены. В системе ИЮПАК сохранены тривиальные названия некоторых аренов:



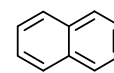
бензол

толуол

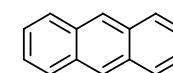
о-ксилол

кумол

стирол



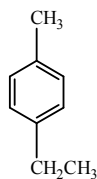
нафталин



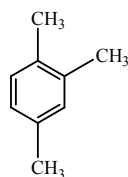
антрацен

Любые соединения, содержащие в структуре бензольное кольцо, можно назвать как замещенные бензолы без использования тривиальных названий; положения заместителей

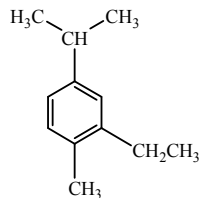
обозначают наименьшими номерами или для двух заместителей в кольце терминами орто-, мета-, пара- (о-, м-, п- рядом, через атом или через два атома углерода соответственно).



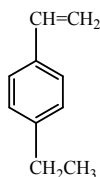
1-метил-4-этилбензол
(или п-этилтолуол)



1,2,4-триметилбензол
(но не диметилтолуол
или метилкрезол)



1-метил-2-этил-4-
изопропилбензол



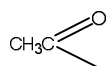
1-винил-4-этил-
бензол

Задача 3. Изобразите структурные формулы и назовите все возможные изомеры состава C_9H_{12} , содержащие в структуре бензольное кольцо.

Далее перейдем к номенклатуре органических соединений, содержащих в формуле кроме углерода и водорода кислород, азот, серу; здесь стоит привести названия наиболее распространенных радикалов.

Кислород- и азотсодержащие радикалы:

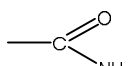
CH_3-O- (метокси-), C_2H_5-O- (этокси-), $HO-CH_2-$ (гидроксиметил-), по аналогии составляют подобные радикалы с большими алкильными остатками, C_6H_5-O- (фенокси-), $NO-$ (нитрозо-), NO_2- (нитро-).



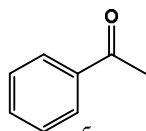
ацетил



формил



карбамид



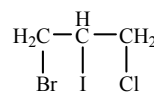
бензилокси

Если в молекуле появляется функциональная группа, она должна входить в главную углеродную цепь, а нумерация остова проводится таким образом, чтобы она имела меньший номер. Многофункциональные соединения называют по главной (старшей) функции. Для молекул, содержащих несколько кратных связей или функциональных групп, сначала выбирают главную (старшую) группу по таблице старшинства (**табл. 1**). Главная группа определяет начало нумерации. Она в названии многофункционального соединения обозначается суффиксом, а все подчиненные (младшие) группы – префиксами, в алфавитном порядке (кроме кратных связей, всегда обозначаемых суффиксами). Далее приведем таблицу старшинства заместителей, которая есть не в каждом учебнике.

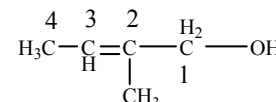
Таблица 1. НАЗВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП В СУФФИКСАХ И ПРЕФИКСАХ (В ПОРЯДКЕ УМЕНЬШЕНИЯ СТАРШИНСТВА).

№	Класс	Префикс	Суффикс
1	Карбоновые кислоты - COOH	карбоксо-	-овая кислота (карбоновая кислота)
2	Нитрилы -C≡N	циано-	-нитрил (карбонитрил)
3	Альдегиды -CHO	формил-	-аль (карбальдегид)
4	Кетоны C=O	оксо-	-он
5	Спирты -OH	окси- или гидрокси	-ол
6	Тиолы -SH	меркапто-	-тиол
7	Амины	амино-	-амин
8	Двойная связь		-ен
9	Тройная связь		-ин
10	Все заместители, обозначаемые только префиксами (в алфавитном порядке)	-Br, -Cl, -F, -I, -NO, -NO ₂ , -OR, -SR (бром-, хлор-, фтор-, иод-, нитрозо-, нитро-, алкокси-, алкилтио-, соответственно)	

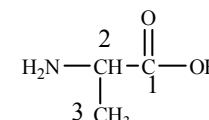
Ниже представлены примеры структурных формул и названий.



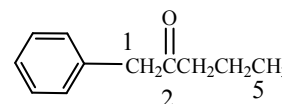
1-бром-2-иод-3-хлорпропан



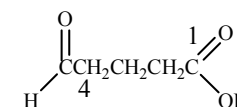
2-метилбутен-2-ол-1



2-аминопропановая кислота



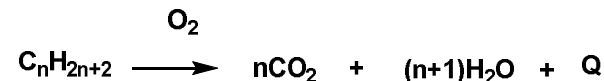
1-фенилпентанон-2



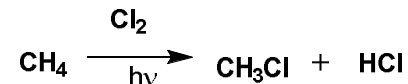
4-формилбутановая кислота

Таблица 2. СВОЙСТВА АЛКАНОВ

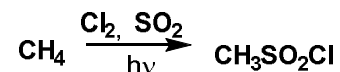
1. Горение



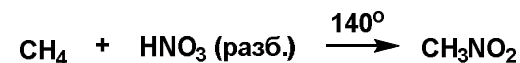
2. Радикальное галогенирование



3. Сульфохлорирование

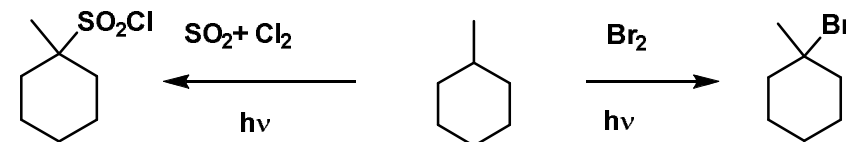


4. Нитрование



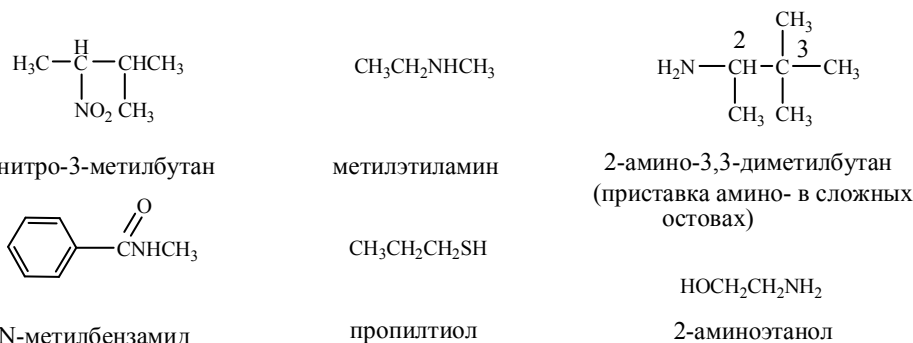
Реакции 2-4 представляют собой радикальное замещение, которое идет либо на свету ($h\nu$), либо при нагревании.

Аналогичными свойствами обладают циклоалканы с размером цикла больше $n=4$.

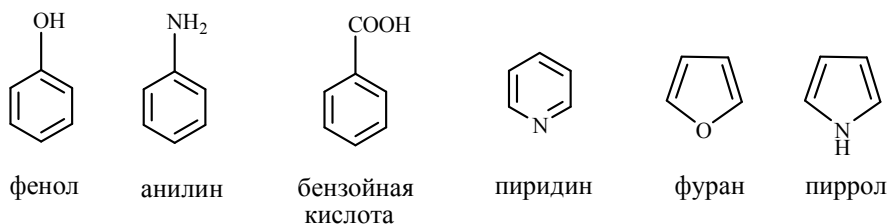


Хотя общая молекулярная формула алканов и циклоалканов C_nH_{2n+2} и C_nH_{2n} , соответственно, отличается на 2 атома водорода, в этих соединениях все связи углерода насыщенные, а потому основной тип превращений таких соединений – реакции замещения атомов водорода на другие атомы и группы.

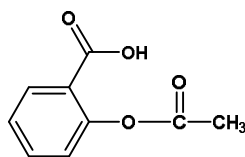
Следующие классы углеводородов включают одну или несколько π -связей: алкены (C_nH_{2n}), алкадиены (C_nH_{2n-2}), алкины (C_nH_{2n-2}). π -Связи чрезвычайно активны в реакциях присоединения. Основные реакции этих соединений на примере алкенов приведены на **схеме 1**.



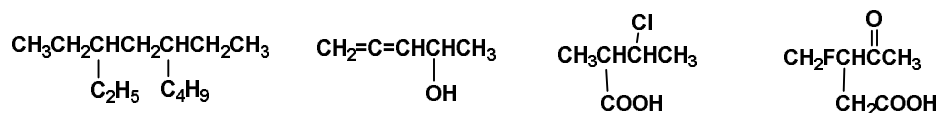
Часто используются тривиальные названия для следующих соединений:



Задача 4. Назовите по химической номенклатуре известный лекарственный препарат аспирин, который имеет следующую формулу. Попробуйте нарисовать все возможные изомеры с остовом бензола и назвать их.

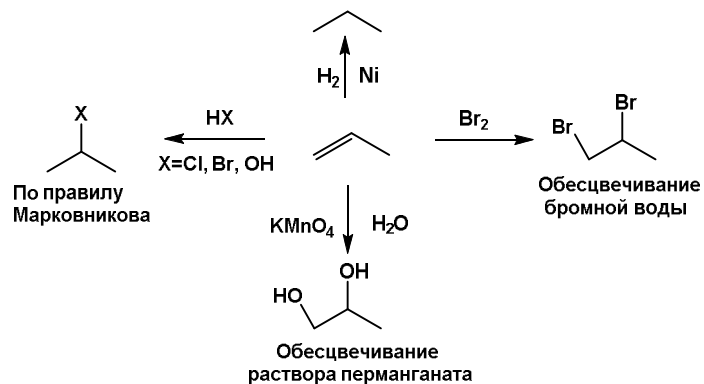


Задача 5. Контрольная задача на составление названий органических соединений, содержащих в молекуле различные радикалы и функциональные группы. Назовите соединения по международной номенклатуре:

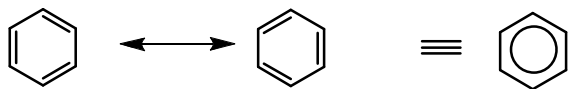


И так, вы решили задачу на изомерию! Построили полный набор структур изомеров и назвали все соединения **правильно** по международной номенклатуре. Эти навыки вами усвоены! Но гораздо интереснее решать задачи, в которых ваши знания о строении веществ сочетаются со знаниями химических свойств разных классов органических соединений, которые позволяют вам сделать выбор из суммы изомеров одно вещество, согласно описанным в задаче свойствам. Начнем с различных классов углеводородов. Основные свойства предельных углеводородов представлены в **таблице 2**.

Схема 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА АЛКЕНОВ.

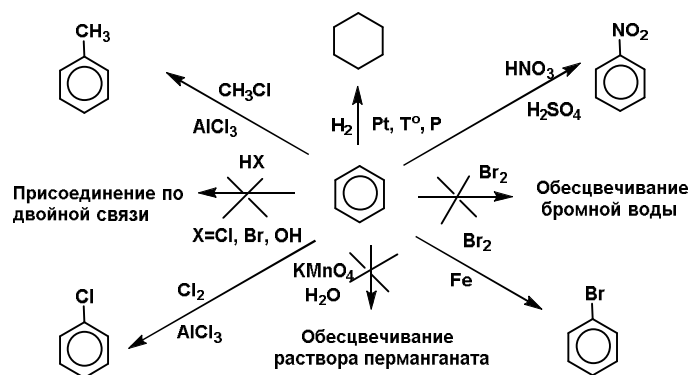


К непредельным соединениям относятся и арены – ароматические соединения с общей молекулярной формулой C_nH_{2n-6} . Однако, бензольное кольцо имеет особенное строение:



sp^2 -Гибридизация всех атомов С в цикле, 6 р-электронов образуют единую π -электронную систему в плоском цикле. Ароматическая система характеризуется высокой устойчивостью. Основное направление превращений в ней – реакции замещения атомов водорода цикла на другие атомы и группы при условии сохранения π -электронной системы перекрывания. То есть реакции присоединения, характерные для изолированных двойных или тройных связей здесь не идут (схема 2) или присоединение, например, водорода происходит в жестких условиях, высокой температуре и давлении в автоклаве.

Схема 2. СВОЙСТВА АРЕНОВ



Ну а теперь новые задачи, которые потребуют от вас знания понятий **молекулярная формула, структурная формула, изомеры, гомологи, номенклатура и химические свойства углеводородов.**

Задача 6. Два углеводорода имеют одинаковое число атомов углерода в молекулах, но разное число атомов водорода. В обоих углеводородах число атомов водорода меньше удвоенного числа атомов углерода. Один из углеводородов реагирует с бромоводородом и обесцвечивает водный раствор перманганата, а другой – нет. Предложите возможные молекулярные и структурные формулы углеводородов. С каким веществом оба углеводорода? Приведите уравнения всех реакций.

Задача 7. Из двух углеводородов, содержащих 5 атомов С, отличающихся по составу только на два атома водорода, один вступает в реакцию с хлороводородом, другой – нет. Предложите возможные структуры этих углеводородов и приведите реакции обоих веществ с бромом.

Задача 8. Два углеводорода имеют одинаковую молекулярную формулу $C_{10}H_{14}$, оба соединения содержат шестичленный цикл. Одно из веществ обесцвечивает бромную воду, а другое - вступает в реакцию с бромом только в присутствии Fe или $FeBr_3$. Предложите возможные формулы этих углеводородов, приведите реакции этих веществ с бромом. Приведите формулы изомеров вещества, обладающего свойствами арена, назовите их по правилам международной номенклатуры.

Задача 9. САМАЯ ВАЖНАЯ! Придумайте подобную задачу сами и решите её.

Разработка задания: к.х.н., М.П. Половинка

Подписано к печати 24.06.18
 Офсетная печать
 Уч. изд. л. 1,0

Формат 60x84/16
 Тираж 200 экз.

© Специализированный учебно-научный центр НГУ, 2018