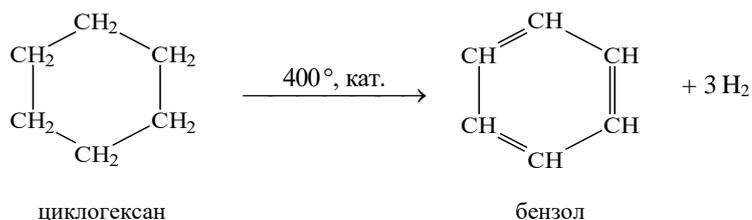


Циклоалканы

Циклоалканы – класс углеводородов с общей формулой C_nH_{2n} . Атомы углерода в этих соединениях замкнуты в цикл. Распространенность в природе и свойства циклоалканов очень сильно зависят от числа атомов углерода в цикле. Наиболее распространены в природе циклоалканы, содержащие в цикле пять и шесть атомов углерода. Именно такие соединения встречаются в нефти.

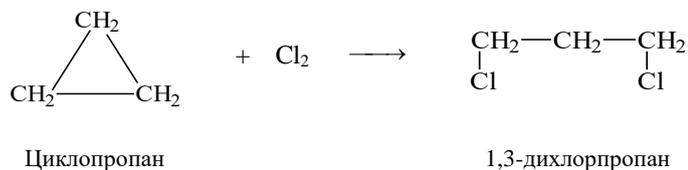
Физические и химические свойства циклогексана и циклопентана похожи на свойства алканов. Поэтому, если необходимо рассказать о химических свойствах, например, циклогексана, смело можно говорить о тех реакциях, которые известны для гексана. Исключение представляет реакция дегидрирования соединений с шестичленными циклами: отщепляются сразу шесть атомов водорода, и при этом образуются молекула углеводорода *бензола* и три молекулы водорода:



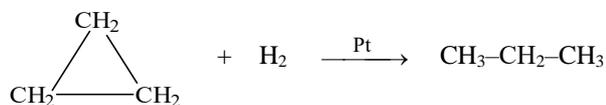
Циклоалканы, содержащие в цикле три или четыре атома углерода (так называемые малые циклы), по химическим свойствам значительно отличаются от остальных циклоалканов. Циклопропан C_3H_6 и циклобутан C_4H_8 легко вступают в реакции, которые проходят с разрывом цикла. Например, если циклогексан реагирует с хлором лишь при нагревании или воздействии ультрафиолетового излучения, и при этом происходит замещение атома водорода на атом хлора:



то циклопропан присоединяет хлор с разрывом цикла, и для этого не требуется нагревания или освещения.



К циклопропану и циклобутану в присутствии катализатора (никеля или платины) можно присоединить водород. В результате образуется соответствующий алкан:



В то же время циклогексан с водородом практически не реагирует.

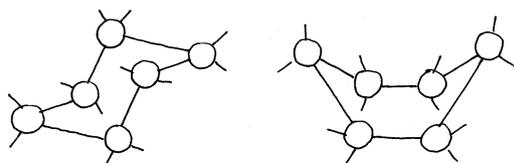


Рис. 1

Почему свойства разных циклических углеводородов так непохожи? Причина различий кроется в строении молекул этих соединений. Используя набор моделей атомов, соберите модели циклогексана, циклопентана, циклобутана и циклопропана. Собрать модели циклогексана и циклопентана довольно просто. Обратите внимание, что шарики, которые отвечают атомам углерода, не лежат в одной плоскости (рис. 1). Угол между каждыми двумя связями углерод-углерод

в молекулах этих веществ равен обычному тетраэдрическому углу – $109^\circ 28'$.

Молекула циклобутана тоже имеет неплоское строение. Атомы углерода расположены в ней “уголком”. Но в этом случае для того, чтобы собрать четырехчленный цикл, придется изгибать связи. Еще сильнее необходимо изменить углы при сборке молекулы циклопропана: три атома лежат в одной плоскости, а угол в равностороннем треугольнике равен 60° (рис. 2). Атомам углерода “невыгодно” находиться в трех- или четырехчленном цикле, ведь углы между связями в этом случае значительно отличаются от обычного для

алканов угла. Поэтому эти углеводороды легко вступают в реакции присоединения, в результате которых “раскрывается”, разрушается цикл.

Для образования трех- или четырехчленного цикла надо затратить намного больше энергии, чем для образования пяти- или шестичленного. Именно поэтому в нефти практически нет соединений, содержащих малые циклы. О том, что молекулы циклопропана и циклобутана содержат дополнительные запасы энергии по сравнению с молекулами циклопропана и циклобутана, свидетельствуют значения удельных теплот сгорания:

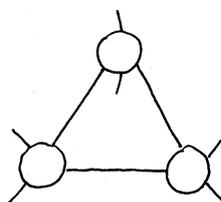


Рис. 2

Углеводород	Удельная теплота сгорания, МДж/кг
Циклопропан	50
Циклобутан	49
Циклопентан	47,4
Циклогексан	47
Гексан	48

Если в состав молекулы входит не один, а несколько малых циклов, то удельная теплота сгорания такого вещества может быть очень высокой. Ученые используют это свойство соединений с трехчленными циклами, разрабатывая высокоэффективные топлива.

В строении молекул циклических соединений есть еще одна особенность по сравнению с алканами. Известно, что атомы в молекулах находятся в постоянном движении. В моделях правильнее было бы изображать связи не спичками или палочками, а пружинками, которые все время колеблются. Но в молекулах алканов происходит не только колебательные движения. Атомы углерода, связанные между собой простой связью, постоянно вращаются вокруг нее. Молекула принимает различные формы. При нормальных условиях вращение вокруг связи С–С происходит очень быстро.

В циклических же соединениях вращение вокруг такой связи невозможно. Это хорошо видно на моделях. Нельзя вращать шарики, которые изображают атомы углерода без разрыва других связей цикла. Из этого вытекает важное следствие.

Рассмотрим молекулу 1,2-диметилциклопропана. Атомы в этой молекуле могут быть расположены двумя способами: метильные группы (CH₃) по одну сторону от цикла и по разные стороны. Вращения вокруг связей С–С в цикле нет, метильные группы не могут переходить из одного расположения в другое без разрыва связей между атомами углерода цикла. Значит, существуют два разных изомера 1,2-диметилциклопропана. Они отличаются пространственным расположением метильных групп. Такой вид изомерии называют *геометрической*. Изомер, в котором заместители находятся по одну сторону цикла – *цис*-изомер, а по разные стороны – *транс*-изомер.

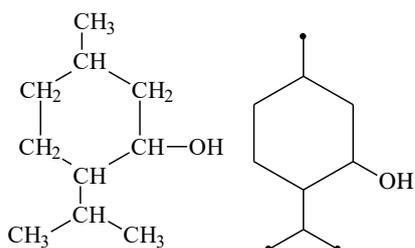


Рис. 3. Ментол

Соединения, в состав которых входят шестичленные циклы, присутствуют в выделенных из различных растений эфирных маслах (лимонном, розовом, мятном, камфарном маслах, скипидаре и т. д.), которые используют, например, для производства духов и в медицине. Эфирные масла – это душистая смесь очень большого числа органических веществ, в том числе веществ, содержащих шестичленные циклы. Например, из мятного масла получают ментол, запах которого известен по мятной зубной пасте и жевательной резинке. В молекуле ментола имеется шестичленный цикл (рис. 3).

Очень важные биохимические функции в организме животных и человека выполняют соединения, в состав которых входит несколько углеродных циклов. Так, вещества, в основе которых лежит скелет из четырех циклов – трех шестичленных и одного пятичленного, называют стероидами. Стероид холестерин, например, содержится в головном и спинном мозге позвоночных (рис. 4). Он используется организмом для биосинтеза других стероидов, например, витамина D. Кстати, сейчас много говорят о вреде холестерина. Однако этот стероид совершенно необходим растущему организму. Его нехватка может привести к порожениям мозга. Так что ешьте сливочное масло, а на продукты с пониженным содержанием холестерина стоит переходить лишь после 30.

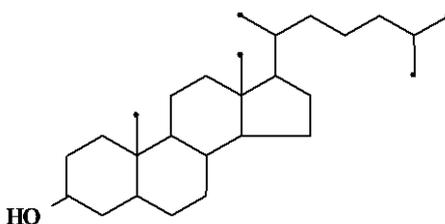


Рис. 4