

**Электронное и
пространственное
строение алкенов.
Гомология и изомерия
алкенов.**

В молекулах непредельных и предельных углеводородов с одинаковым числом атомов углерода число атомов водорода всегда меньше у алкенов, алкадиенов и алкинов, чем у алканов. В зависимости от насыщенности молекул непредельных углеводородов атомами водорода их состав можно выразить при помощи следующих общих формул: C_nH_{2n} , C_nH_{2n-2} .

Непредельные соединения, состав которых соответствует общей формуле C_nH_{2n} (такой же, как у циклоалканов), относят к углеводородам *этиленового ряда*, так как их простейший представитель — этилен C_2H_4 . Углеводороды, состав которых выражается общей формулой C_nH_{2n-2} , принадлежат к углеводородам *ацетиленового ряда*, так как простейший представитель этого ряда — ацетилен C_2H_2 . Такая же общая формула и у *диеновых углеводородов*. В молекулах этих соединений имеются двойные или тройные связи (табл. 2).

Таблица 2. Непредельные углеводороды

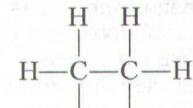
| Углеводороды | Характеристика веществ | | |
|-----------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| | Общая формула | Представитель | Число связей |
| Ряд этилена | C_nH_{2n} | $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ этилен | Одна двойная связь |
| Диеновые углеводороды | C_nH_{2n-2} | $\begin{array}{c} \text{H} & & & & \text{H} \\ & \diagdown & & / & \\ & \text{C}=\text{C} & - & \text{C}=\text{C} & \\ & / & & \diagdown & \\ \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \\ & & & & \\ & & \text{H} & & \text{H} \end{array}$ бутадиен-1,3 | Две двойные связи |
| Ряд ацетилена | C_nH_{2n-2} | $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ ацетилен | Одна тройная связь |

§ 9. Электронное и пространственное строение алкенов. Гомология и изомерия алкенов

Углеводороды ряда этилена по международной номенклатуре называют *алкенами*.

Рассмотрим электронное и пространственное строение алкенов на примере простейшего представителя этого ряда углеводородов — этилена, или этена. Молекулярная формула этилена C_2H_4 .

Если между двумя взаимно связанными атомами углерода разместить четыре атома водорода, то структурную формулу этилена следовало бы изобразить так:



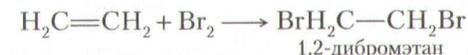
Однако свободных связей в молекуле не должно быть. Поэтому в структурной и сокращенной структурной формулах этилена между атома-

ми углерода изображают двойную связь: $\text{H}-\overset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{H}$.

Следовательно, в отличие от предельных углеводородов, в молекулах которых между атомами углерода имеется *одинарная связь*, в молекулах углеводородов ряда этилена между атомами углерода имеется одна *двойная связь*. Поэтому углеводородам ряда этилена можно дать следующее определение:

Углеводороды с общей формулой C_nH_{2n} , в молекулах которых между атомами углерода имеется одна двойная связь, называют углеводородами ряда этилена, или алкенами.

Экспериментально доказано, что в молекулах этилена и других углеводородов этого ряда одна из связей, составляющих двойную связь, относительно легко разрывается, а другая является более прочной. Так, например, если пропустить этилен через бромную воду, то *происходит ее обесцвечивание в результате присоединения атомов брома*:



Почему в молекуле этилена одна из связей, составляющих двойную связь между атомами углерода, менее прочная? Ответить на этот вопрос можно, основываясь на современных представлениях о σ - и π -связях. Следует также вспомнить, что в атоме углерода в результате расщепления $2s$ -электронов на наружном энергетическом уровне имеются как s -, так и p -электроны, орбитали которых могут подвергаться гибридизации.

В молекуле этилена подвергаются гибридизации одна s - и две p -электронные орбитали атомов углерода (sp^2 -гибридизация). Таким образом, каждый атом углерода имеет по три (всего шесть) гибридных электронных орбитали (рис. 11, а) и по одной (всего две) негибридной p -орбитали. Две из гибридных электронных орбиталей атомов углерода взаимно перекрываются и образуют между атомами углерода σ -связь. Остальные четыре гибридные электронные орбитали атомов углерода перекрываются в той же плоскости с четырьмя s -электронными орбиталями атомов водорода и также образуют четыре σ -связи. Две негибридные p -орбитали атомов углерода взаимно перекрываются в

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ,
ЧТО...

... алкены часто еще называют олефинами. Это историческое название появилось после получения в XVIII в. продукта взаимодействия этилена с хлором — дихлорэтана, представляющего собой жидкое маслянистое вещество. Тогда и назвали этилен «маслородным газом» (от лат. gas olefiant), «маслом голландских химиков».

плоскости, которая расположена перпендикулярно плоскости σ -связей, т. е. образуется одна π -связь (рис. 11, б). Следовательно, в молекуле этилена между атомами углерода имеется одна σ - и одна π -связь. В углеродных соединениях π -связь значительно слабее, чем σ -связь. Под действием реагентов π -связь легко разрывается.

Легко понять, что в молекулах предельных углеводородов атомы углерода могут свободно вращаться вокруг σ -связи. Если же между атомами углерода существует не только σ -связь, но и π -связь, то такое вращение без разрыва последней невозможно.

Ответьте на вопросы 1–4 (с. 43).

Изомерия и номенклатура. Формулы углеводородов ряда этилена можно вывести из соответствующих формул предельных углеводородов.

Названия углеводородов ряда этилена образуют путем изменения суффикса **-ан** соответствующего предельного углеводорода на **-ен** или **-илен**:

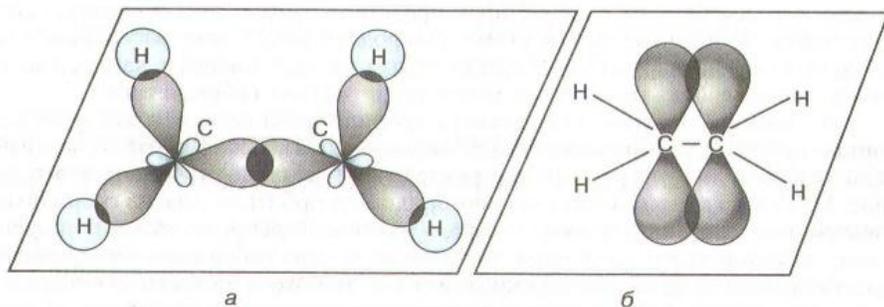
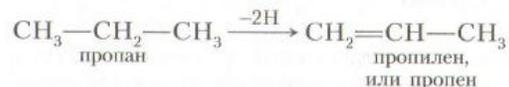
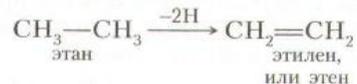
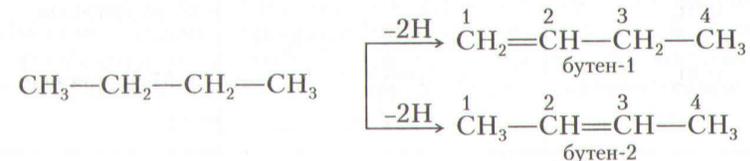
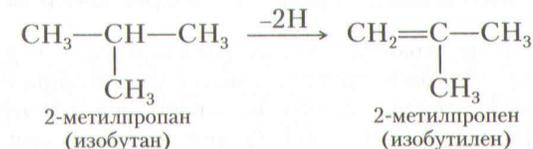


Рис. 11. Образование σ -связей (а) и π -связи (б) в молекуле этилена

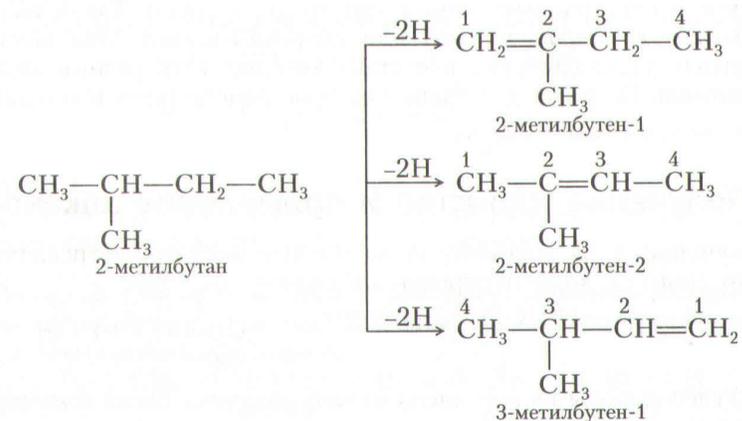
У углеводородов ряда этилена *изомерия проявляется не только в строении углеродного скелета*, как у предельных углеводородов, *но и в положении двойной связи в молекуле*. Так, например, из формулы нормального бутана можно вывести формулы двух непредельных изомеров. Чтобы их назвать, атомы углерода нумеруют, начиная с того конца цепи, к которому ближе двойная связь. Положение двойной связи обозначают в конце названия номером того углеродного атома, от которого она начинается:



Из формулы 2-метилпропана (изобутана) можно вывести формулу одного непредельного изомера:



Из формулы 2-метилбутана можно вывести формулы трех непредельных изомеров:

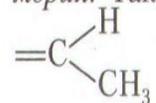


Молекулярные и структурные формулы простейших гомологов этилена даны в таблице 3.

Таблица 3. Простейшие гомологи этилена

| Молекулярная формула | Структурная формула | Название |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| C_2H_4 | $CH_2=CH_2$ | Этилен (этен) |
| C_3H_6 | $CH_3-CH=CH_2$ | Пропилен (пропен) |
| C_4H_8 | $CH_3-CH_2-CH=CH_2$ | Бутен-1 |
| C_4H_8 | $\begin{array}{c} CH_3 \quad \quad CH_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ C=C \\ \diagup \quad \diagdown \\ H \quad \quad H \end{array}$ | Бутен-2 (<i>цис</i> -форма) |
| C_4H_8 | $\begin{array}{c} CH_3 \quad \quad H \\ \diagdown \quad \diagup \\ C=C \\ \diagup \quad \diagdown \\ H \quad \quad CH_3 \end{array}$ | Бутен-2 (<i>транс</i> -форма) |
| C_4H_8 | $\begin{array}{c} CH_3-C=CH_2 \\ \\ CH_3 \end{array}$ | 2-Метилпропен |

У этиленовых углеводородов возможна также пространственная изомерия. Так, например, из-за двойной связи в молекулах бутена-2 группа



не может свободно вращаться вокруг своей оси. Поэтому ме-

тильные группы в пространстве могут располагаться в двух разных положениях. Если замещающие группы в молекуле изомера находятся по одну сторону двойной связи, то его называют *цис-изомером*, а если по разные — *транс-изомером* (см. табл. 3) (от лат. *cis* — на этой стороне, *trans* — через, на другой).

В отличие от известных нам видов изомерии (изомерия углеродного скелета и положения двойной связи) в этом случае наблюдается различное размещение в пространстве атомов или атомных групп. Такой вид изомерии называют *пространственной* или *стереоизомерией*. Она возможна у непредельных углеводородов, в составе которых есть разные атомы или группы атомов. Поэтому у этилена нет пространственной изомерии.