Электроннное и пространственное строение алкенов. Гомология и изомерия алкенов.

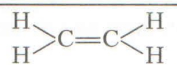
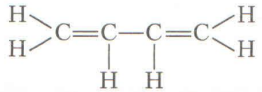
Непредельные углеводороды (алкены, алкадиены и алкины)

ГЛАВА III

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**

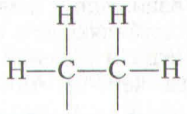
Углеводороды	Характеристика веществ		
	Общая формула	Представитель	Число связей
Ряд этилена	C_nH_{2n}	 этилен	Одна двойная связь
Диеновые углеводороды	C_nH_{2n-2}	 бутадиен-1,3	Две двойные связи
Ряд ацетилена	C_nH_{2n-2}	H—C≡C—H ацетилен	Одна тройная связь

§ 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 атомами углерода изображают двойную связь:

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*:

$$H_2C{=}CH_2 + Br_2 \longrightarrow \underset{\text{1,2-дибромэтан}}{BrH_2C{-}CH_2Br}$$

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 расспаривания 2*s*-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**:

$$\underset{\text{этан}}{CH_3{-}CH_3} \xrightarrow{-2H} \underset{\text{этилен, или этен}}{CH_2{=}CH_2}$$

$$\underset{\text{пропан}}{CH_3{-}CH_2{-}CH_3} \xrightarrow{-2H} \underset{\text{пропилен, или пропен}}{CH_2{=}CH{-}CH_3}$$

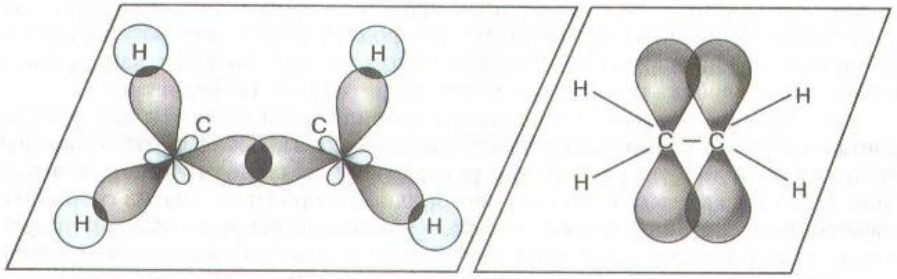


Рис. 11. Образование σ-связей (*а*) и π-связи (*б*) в молекуле этилена

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:

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{-2H} \underset{\text{бутен-1}}{\overset{1}{C}H_2{=}\overset{2}{C}H{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_3}$$

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{-2H} \underset{\text{бутен-2}}{\overset{1}{C}H_3{-}\overset{2}{C}H{=}\overset{3}{C}H{-}\overset{4}{C}H_3}$$

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

$$\underset{\text{2-метилпропан (изобутан)}}{CH_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_3} \xrightarrow{-2H} \underset{\text{2-метилпропен (изобутилен)}}{CH_2{=}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{-}CH_3}$$

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

$$\underset{\text{2-метилбутан}}{CH_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}{-}CH_2{-}CH_3} \xrightarrow{-2H} \underset{\text{2-метилбутен-1}}{CH_2{=}\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{2}{C}}{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_3}$$

$$\xrightarrow{-2H} \underset{\text{2-метилбутен-2}}{\overset{1}{C}H_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{2}{C}}{=}\overset{3}{C}H{-}\overset{4}{C}H_3}$$

$$\xrightarrow{-2H} \underset{\text{3-метилбутен-1}}{\overset{4}{C}H_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{3}{C}H}{-}\overset{2}{C}H{=}\overset{1}{C}H_2}$$

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	$(CH_3)(H)C{=}C(CH_3)(H)$	Бутен-2 (*цис*-форма)
C_4H_8	$(CH_3)(H)C{=}C(H)(CH_3)$	Бутен-2 (*транс*-форма)
C_4H_8	$CH_3{-}C(CH_3){=}CH_2$	2-Метилпропен

У *этиленовых углеводородов возможна также пространственная изомерия*. Так, например, из-за двойной связи в молекулах бутена-2 группа $=C(H)(CH_3)$ не может свободно вращаться вокруг своей оси. Поэтому метильные 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.