

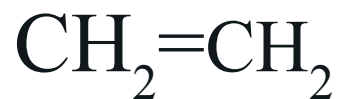
**Алкены**

# Алкены (этиленовые углеводороды)

это углеводороды, содержащие в молекуле одну двойную связь.

$C_nH_{2n}$  общая формула

$C_2H_4$  – этилен – этен



$C_3H_6$  – пропен



$C_4H_8$  - бутен

$C_5H_{10}$  - пентен

$C_6H_{12}$  - гексен

# Физические свойства

По физическим свойствам этиленовые углеводороды близки к алканам.

При нормальных условиях

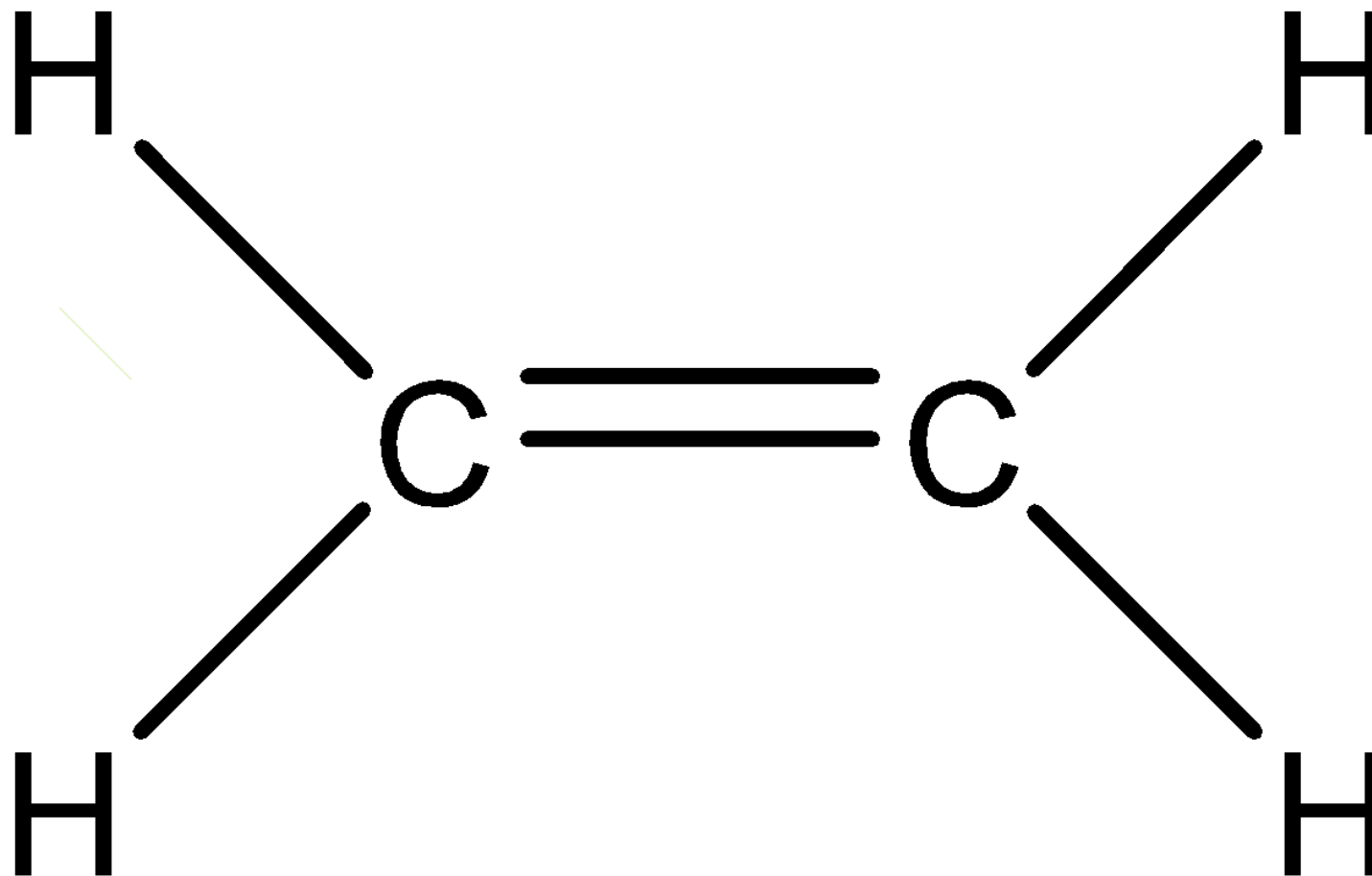
$C_2-C_4$  – газы,

$C_5-C_{17}$  – жидкости,

$C_{18}$  и далее - твердые вещества.

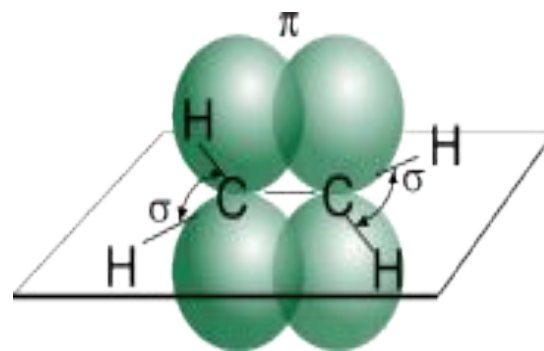
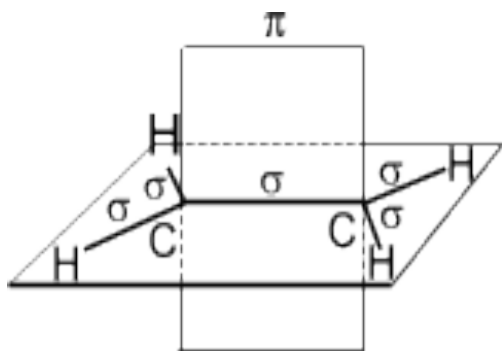
Температура плавления и кипения, а также плотность увеличиваются с ростом молекулярной массы. Все алкены легче воды, плохо растворимы в ней, но растворимы в органических растворителях.

**Этилен** – газ, почти без запаха,  
плохо растворим в воде.



# 1. Образование $\sigma$ -связей

Каждый атом С образует по 3  $\sigma$ -связи (одну – с соседним атомом С и две связи с атомами Н). На их образование углерод затрачивает 3 электрона (один s-электрон и два p-электрона), поэтому происходит  $sp^2$ -гибридизация.

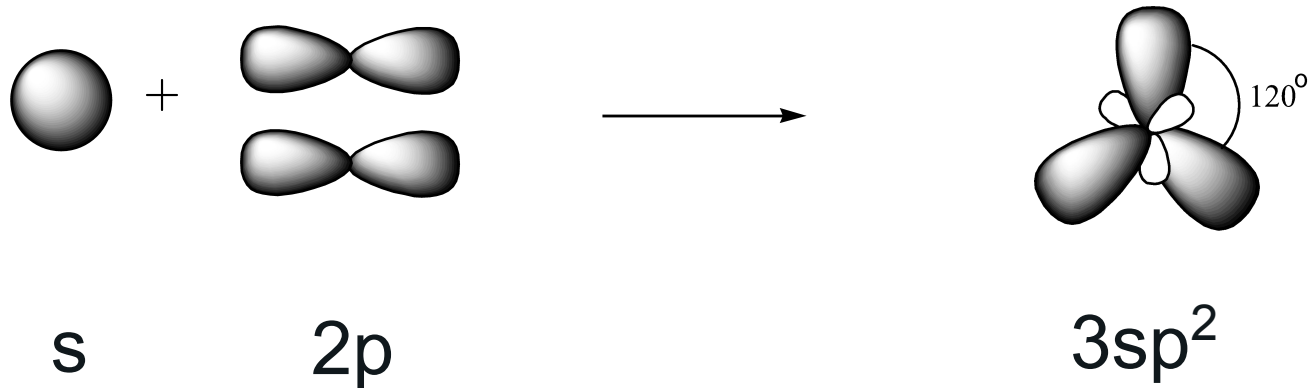


Схематическое изображение строения молекулы этилена

В результате каждый атом углерода обладает тремя гибридными  $sp^2$ -орбиталями, которые лежат в одной плоскости под углом  $120^\circ$  друг к другу.

# Схема образования $sp^2$ -гибридных орбиталей

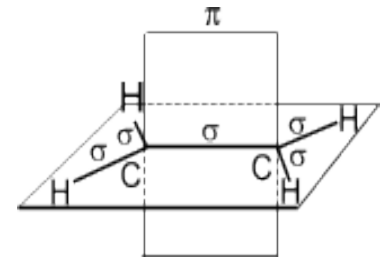
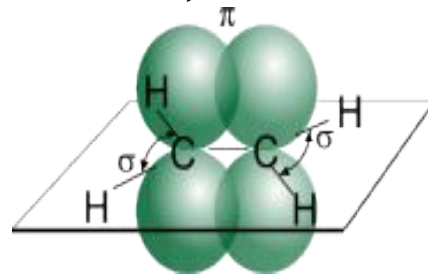
- В гибридизации участвуют орбитали одного  $s$ - и двух  $p$ -электронов:



## 2. Образование $\pi$ -связи

У каждого атома С есть ещё по одному р-облаку, которые в гибридизации не участвуют и сохраняют форму правильных восьмерок. Перекрываясь над и под плоскостью, они образуют  $\pi$ -связь, которая располагается перпендикулярно к плоскости  $\sigma$ -связей. Двойная связь алкенов представляет собой сочетание  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей.

Длина двойной связи = 0,134 нм.



# Итак:

Простая (ординарная) связь – это всегда  $\sigma$ -связь.

В кратных (двойных или тройных) связях – одна  $\sigma$ -связь, а остальные  $\pi$ -связи.

$\sigma$ -связи всегда образованы гибридными орбиталями (неправильными восьмерками).

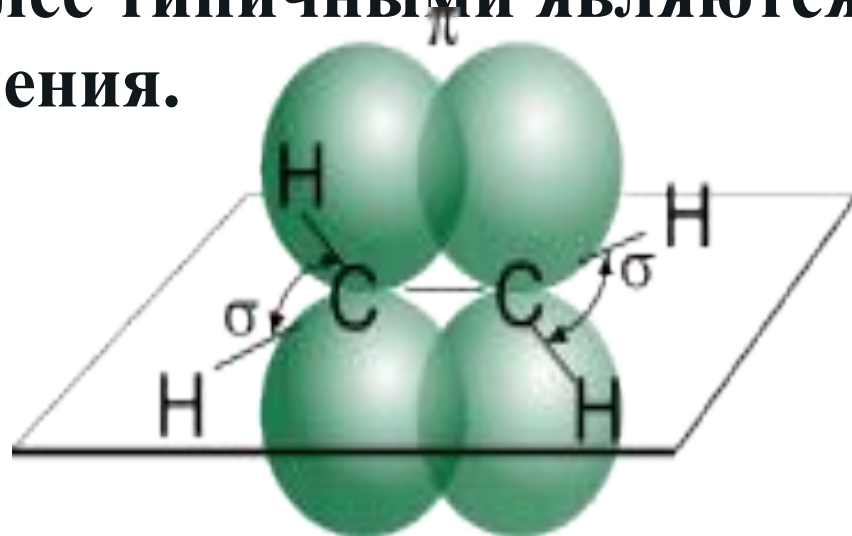
$\pi$ -связи образованы негибридными  $p$  – орбиталями (правильными восьмерками).



$\pi$ - связь менее прочна, чем  $\sigma$ - связь.

В связи с этим,  $\pi$ - связь легко разрывается и переходит в две новые  $\sigma$ - связи в результате присоединения по месту двойной связи двух атомов или групп атомов реагирующих веществ.

**Для алкенов наиболее типичными являются реакции присоединения.**



Реакции присоединения, окисления и полимеризации алкенов идут за счет разрыва двойной связи ( $\pi$ -связи).

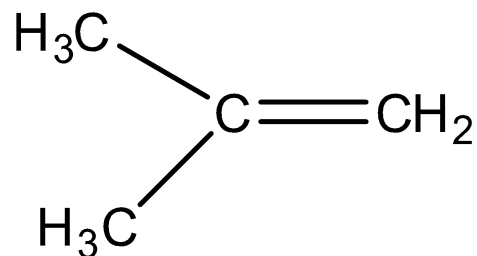
**Электрофильное присоединение  $Ad_E$**

# Изомерия алкенов

1) углеродного скелета



бутен-1

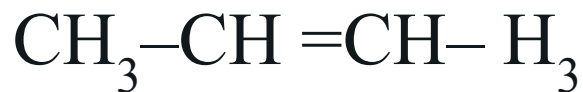


2-метилпропен-1

2) положения двойной связи



бутен-1

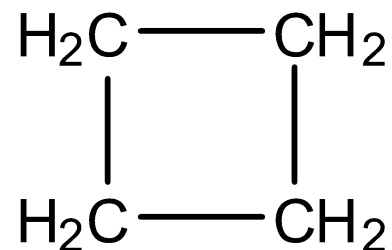


бутен-2

3) Межклассовая (циклоалканы)

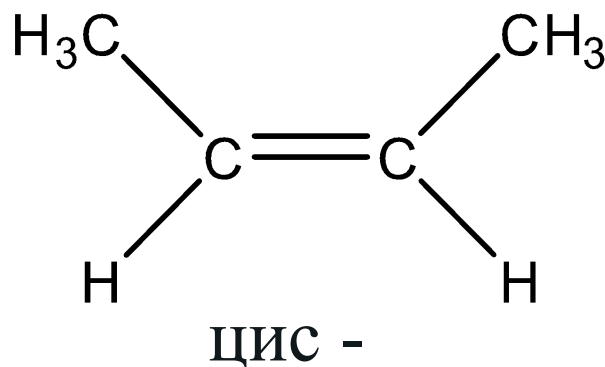
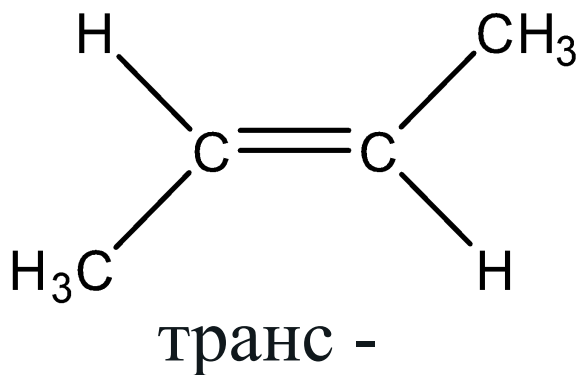


бутен-1



циклобутан

#### 4) пространственная (цис-транс-изомерия)



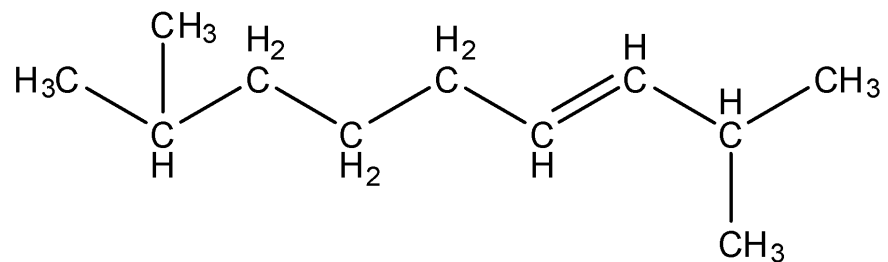
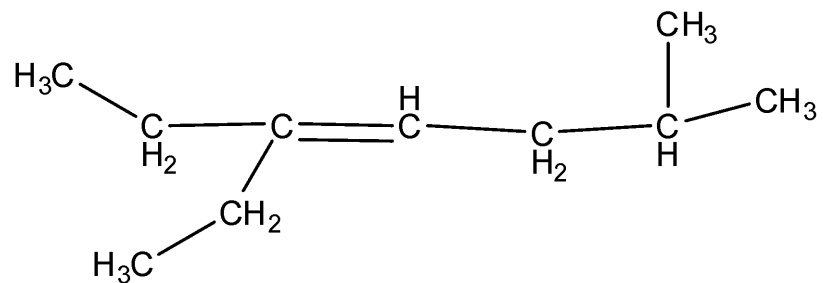
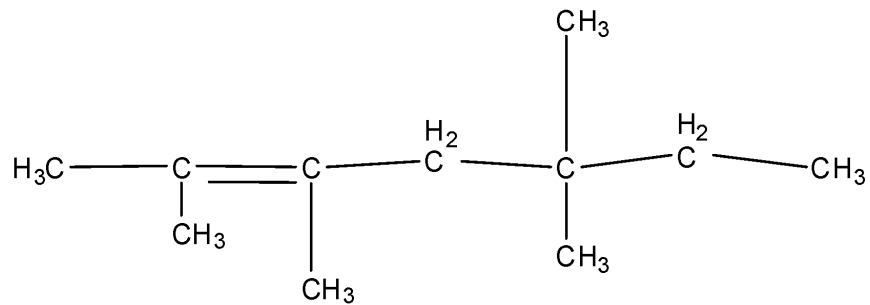
У **каждого** атома углерода двойной связи два **разных** заместителя

Если одинаковые заместители находятся по одну сторону двойной связи, это цис-изомер, если по разные – это транс-изомер.

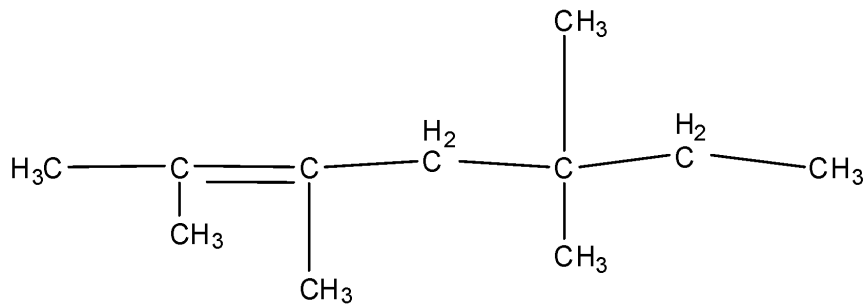
# Номенклатура алкенов

- Название алкенов по систематической номенклатуре образуют из названий алканов, заменяя суффикс *-ан* на *-ен*, цифрой указывается номер того атома углерода, **от которого начинается двойная связь.**
- Главная цепь атомов углерода **должна обязательно включать двойную связь**, и ее нумерацию проводят с того конца главной цепи, к которому она ближе.
- В начале названия перечисляют радикалы с указанием номеров атомов углерода, с которыми они связаны. Если в молекуле присутствует несколько одинаковых радикалов, то цифрой указывается место каждого из них в главной цепи и перед их названием ставят соответственно приставки: *ди-*, *три-*, *тетра-* и т.д.

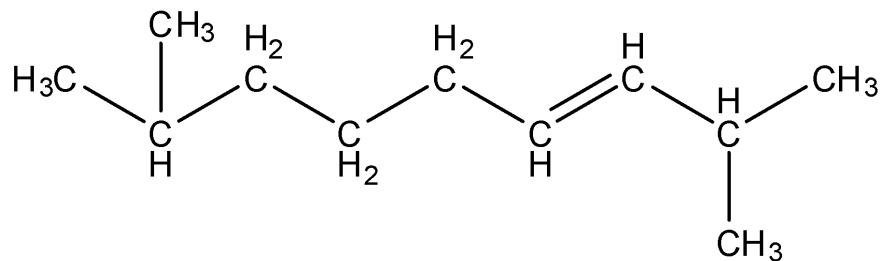
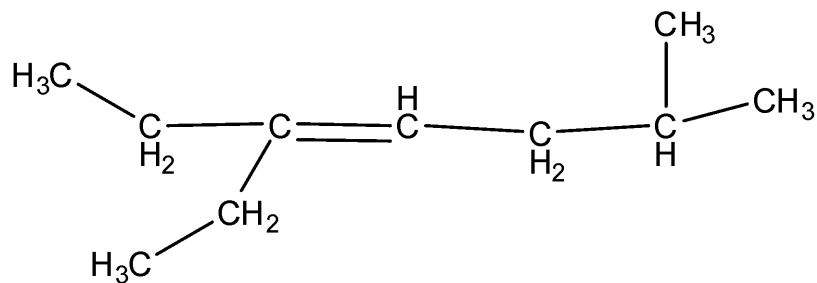
# Назовите



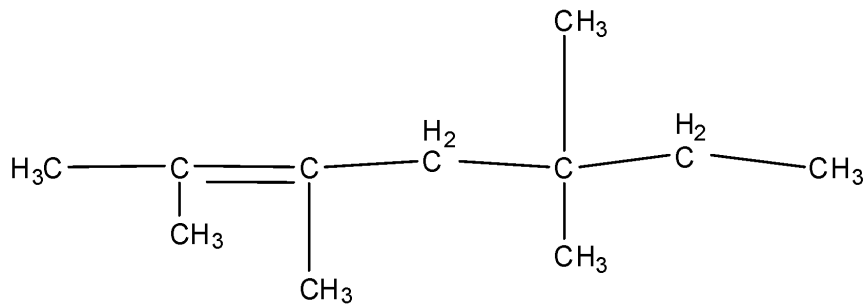
# Назовите



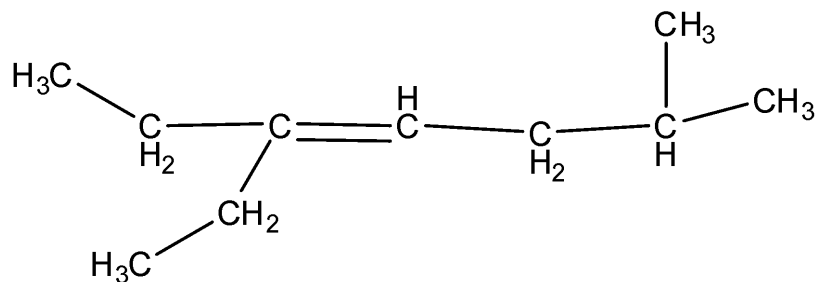
2,3,5,5-тетраметилгептен-2



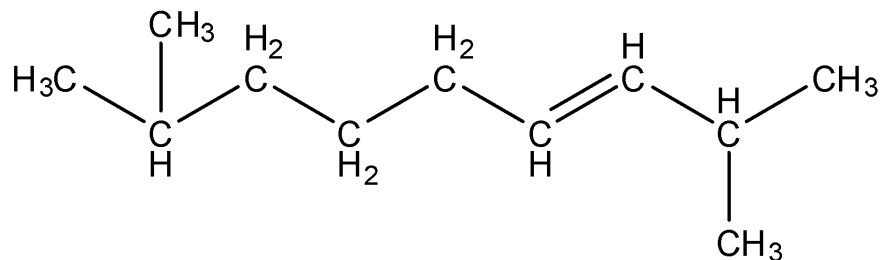
# Назовите



2,3,5,5-тетраметилгептен-2

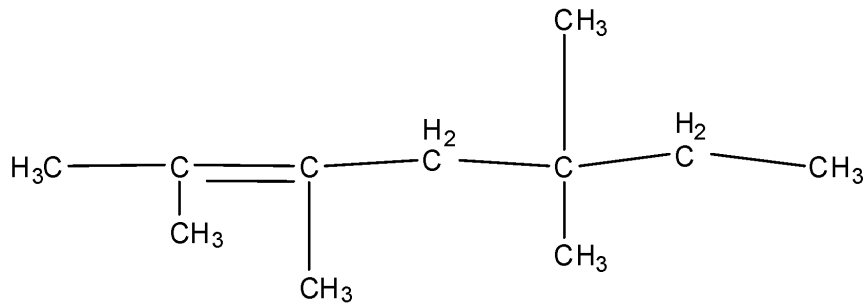


6-метил-3-этилгептен-3

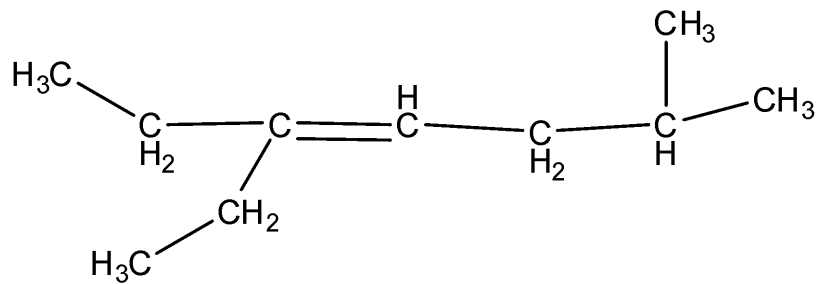




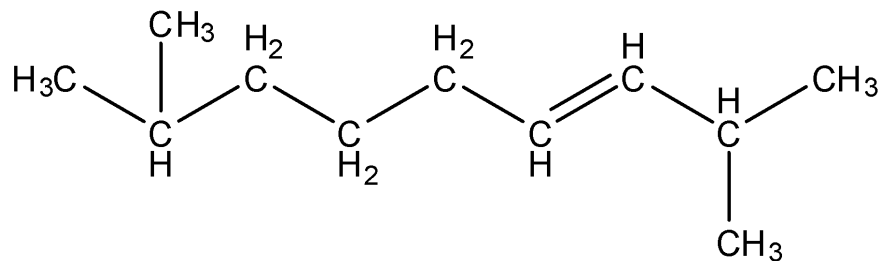
# Назовите



2,3,5,5-тетраметилгептен-2



6-метил-3-этилгептен-3



транс-2,8-диметилнонен-3

# Химические свойства алкенов

## 1) Горение

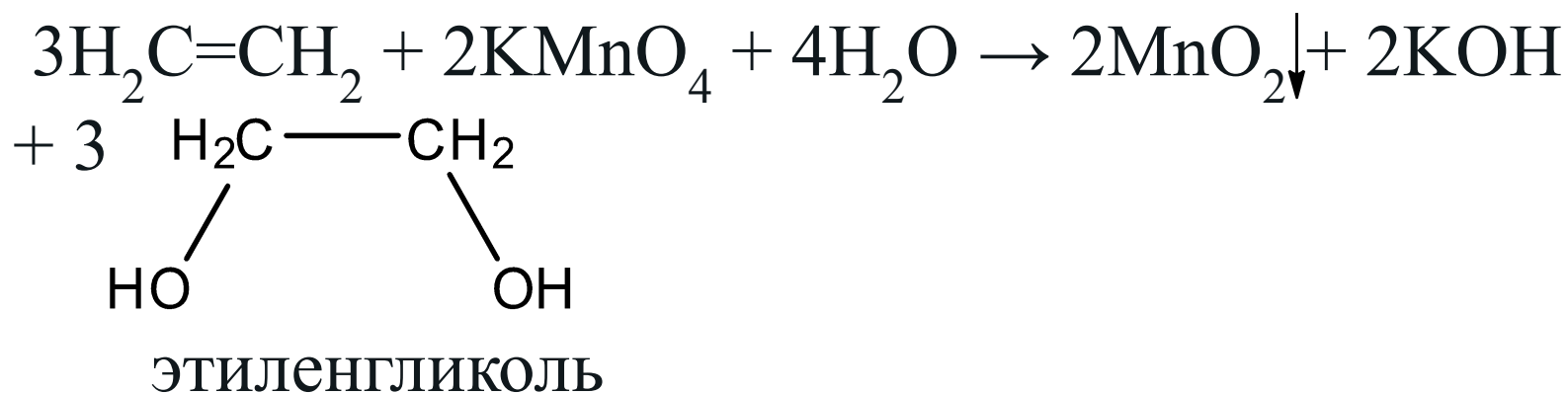
При сжигании на воздухе алкены образуют углекислый газ и воду.



## 2) Окисление

качественная реакция на двойную связь  
(растворы окислителей обесцвечиваются)

При окислении алкенов разбавленным раствором перманганата калия образуются двухатомные спирты – гликоли (реакция Вагнера). Реакция протекает на холоду.

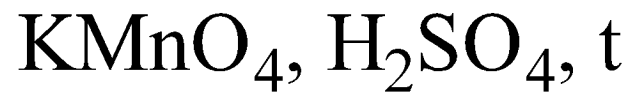


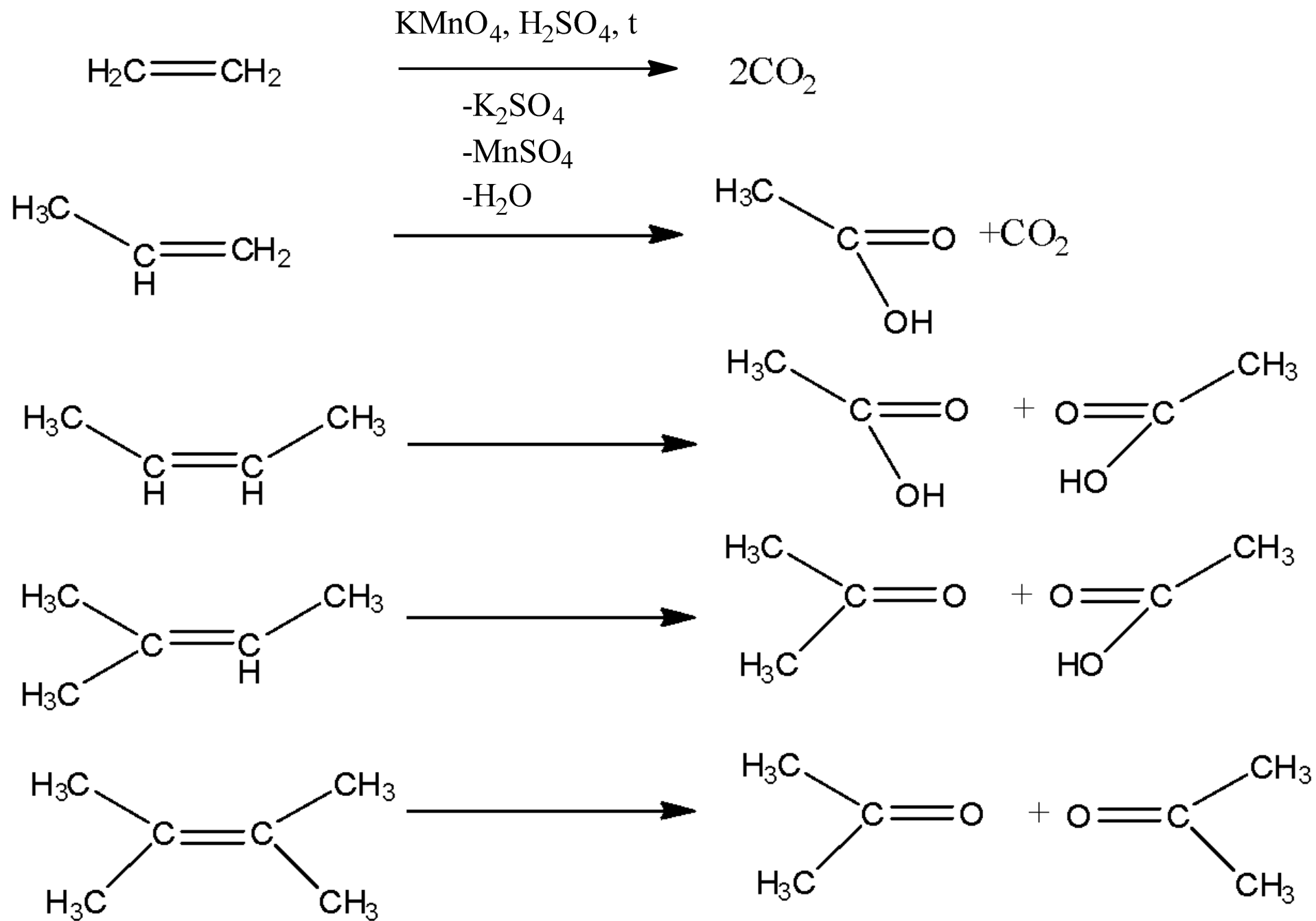
В результате реакции наблюдается обесцвечивание раствора перманганата калия.

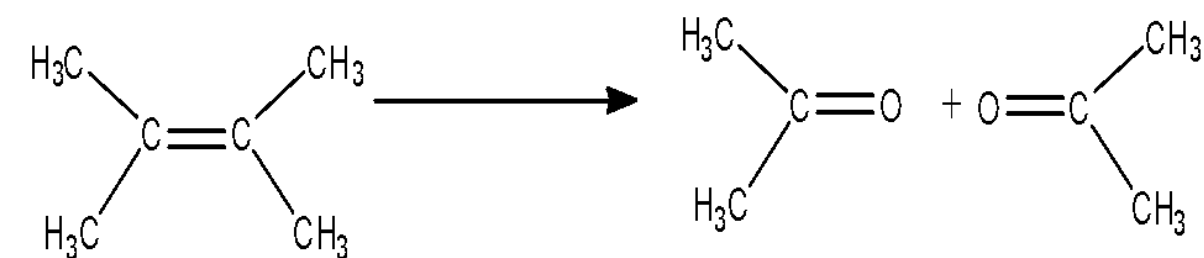
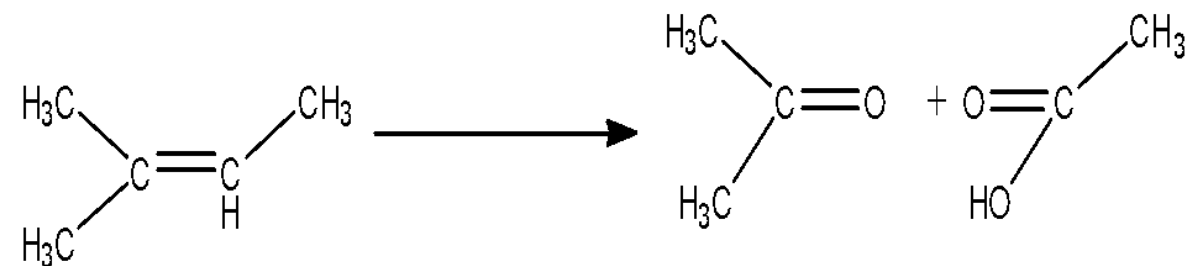
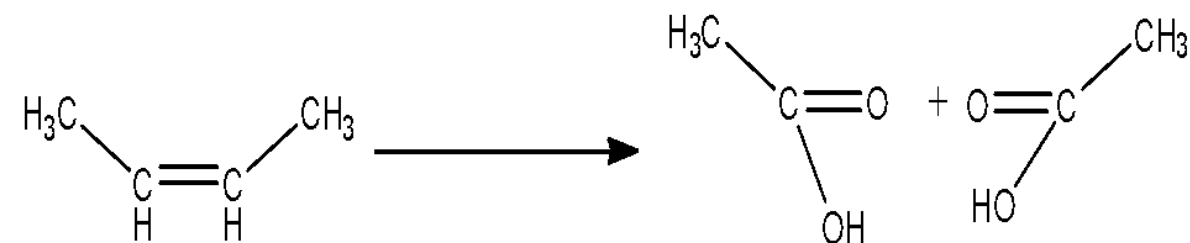
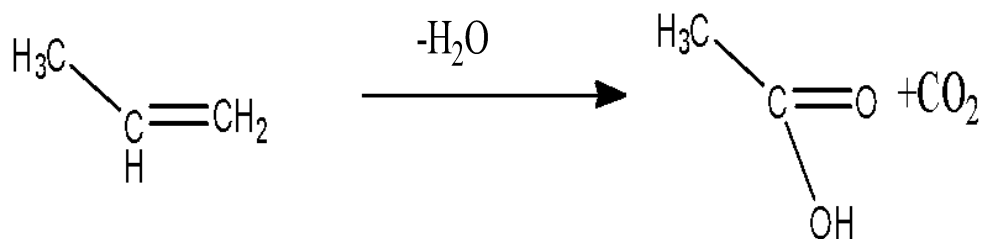
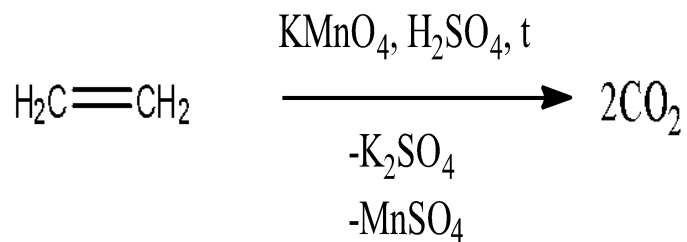
Реакция Вагнера качественная реакция на двойную связь.

# Жесткое окисление

3) Перманганат калия в серной кислоте – полный разрыв двойной связи







Концевая двойная  
связь окисляется до  
углекислого газа.

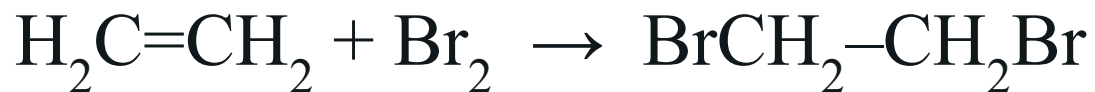
CH= окислится до  
карбоновой кислоты

Третичный углерод  
при двойной связи  
окислится до кетона

### 3) Реакции присоединения.

а) Присоединение галогенов - *Галогенирование*.

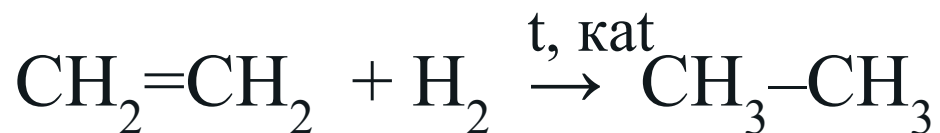
Алкены при обычных условиях присоединяют галогены, приводя к дигалогенопроизводным алканов, содержащим атомы галогена у соседних углеродных атомов.



Приведенная реакция - обесцвечивание этиленом бромной воды является качественной реакцией на двойную связь.

**б) Гидрирование – присоединение водорода.**

Алкены легко присоединяют водород в присутствии катализаторов (Pt, Pd, Ni) образуя предельные углеводороды.



**в) Гидрогалогенирование.** Этилен и его гомологи присоединяют галогеноводороды, приводя к галогенопроизводным углеводородов.





Присоединение галогеноводородов к несимметричным алкенам происходит в соответствии с **правилом Марковникова**:

При присоединении галогеноводородов или воды к несимметричным алкенам водород присоединяется к наиболее гидрогенизированному атому углерода при двойной связи.

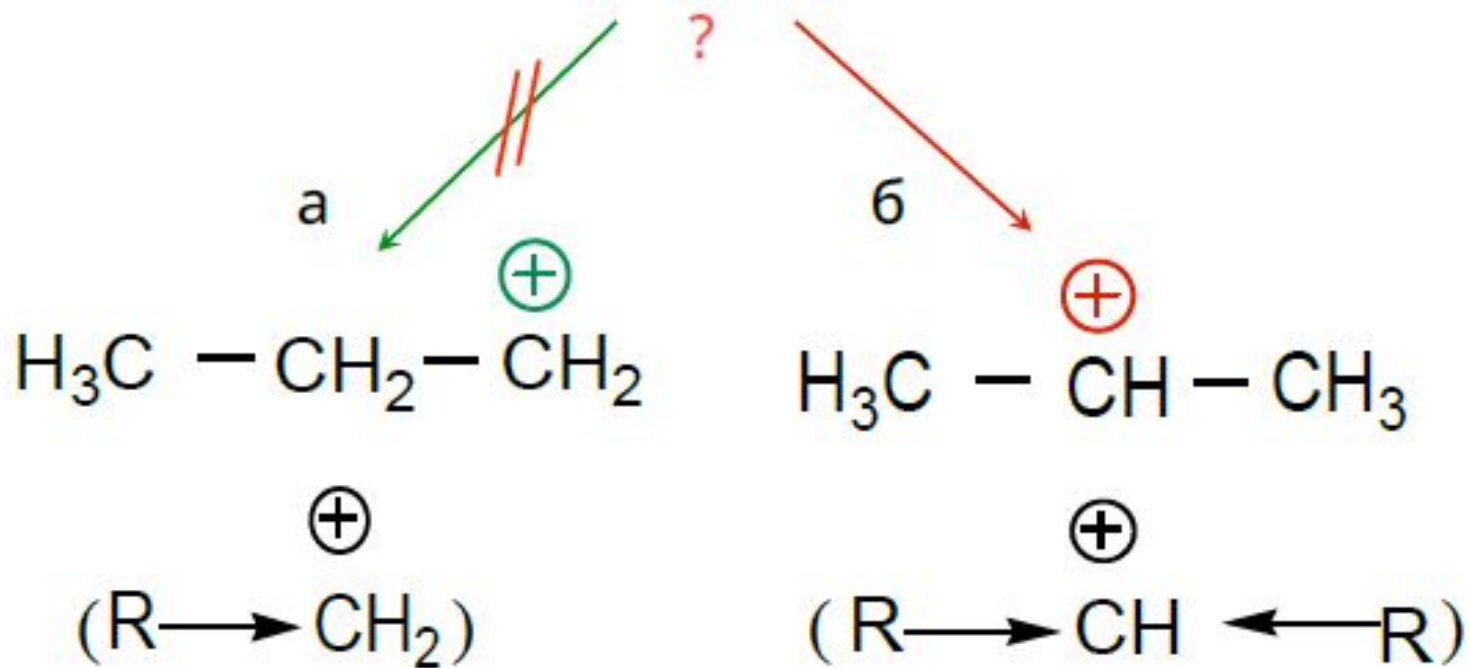
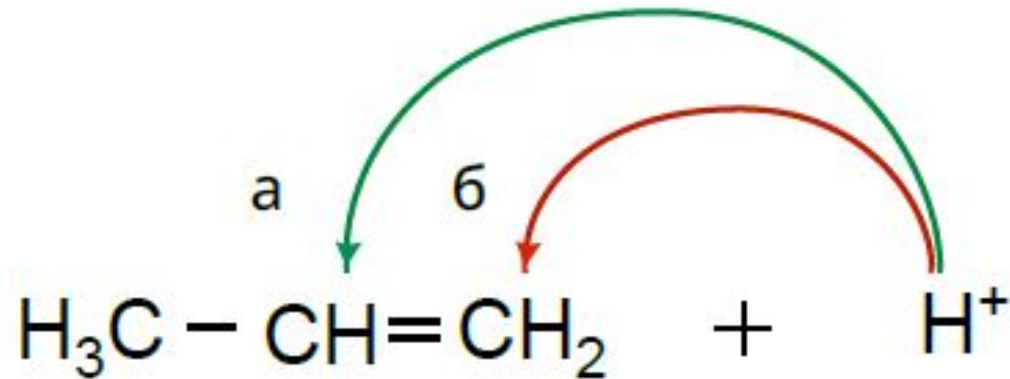


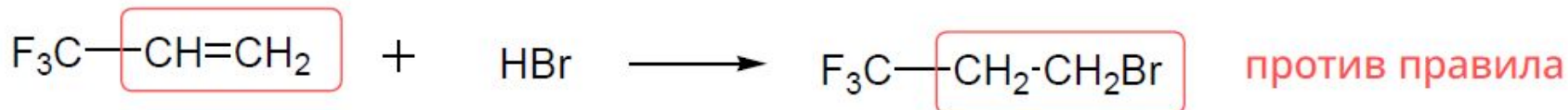
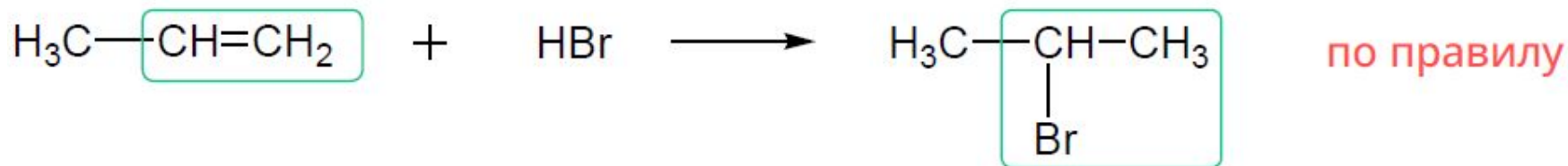
## Механизм электрофильного присоединения



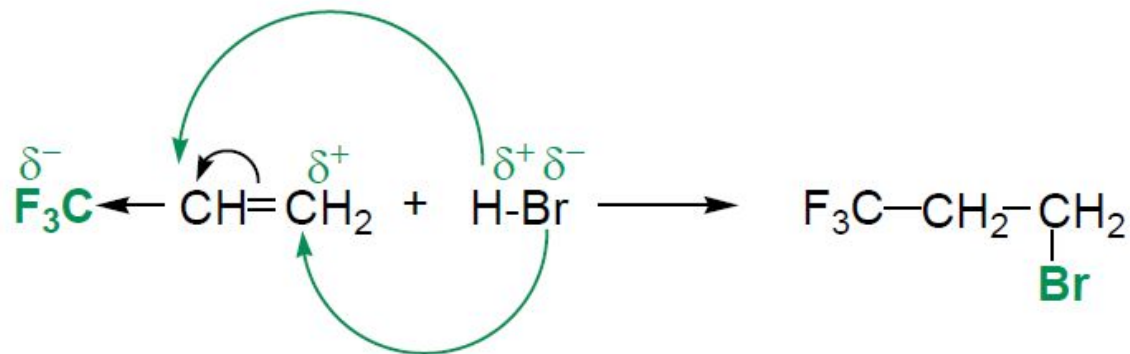
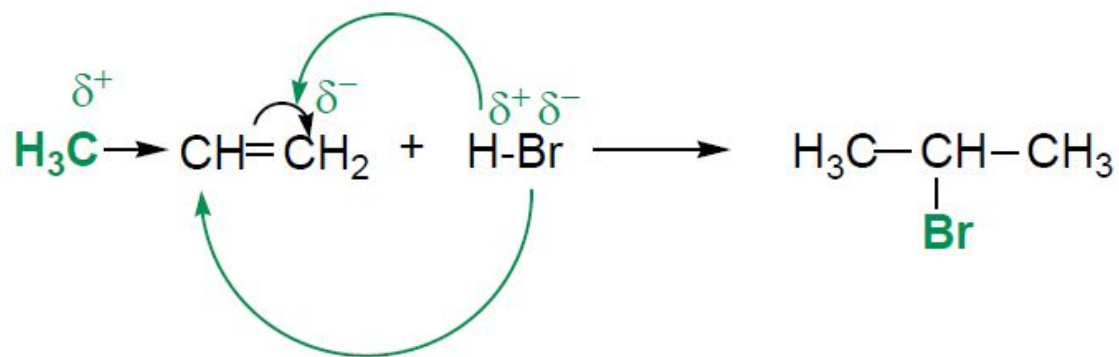
# Реакция электрофильного присоединения A<sub>E</sub>

*Электронная интерпретация правила Марковникова*

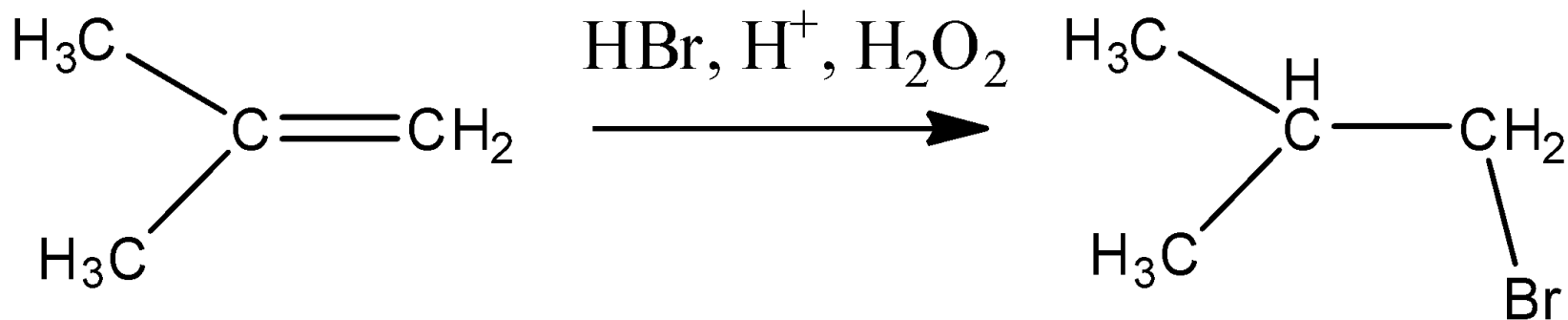




*Электронная интерпретация правила Марковникова*



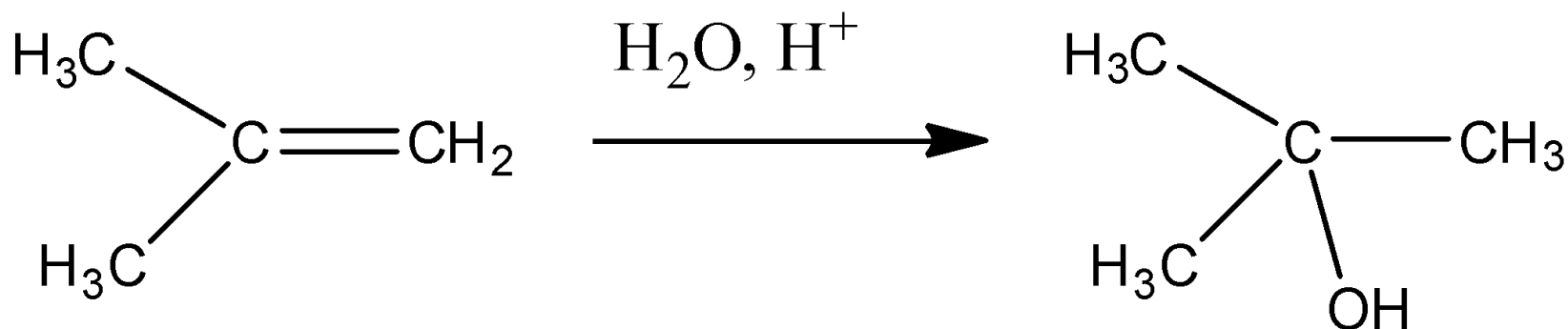
# Присоединение против правила Марковникова в присутствии перекиси – эффект Караша



Механизм присоединения меняется на радикальный (Ad<sub>R</sub>)

### 3. г. Гидратация.

В присутствии минеральных кислот алкены присоединяют воду, образуя спирты.



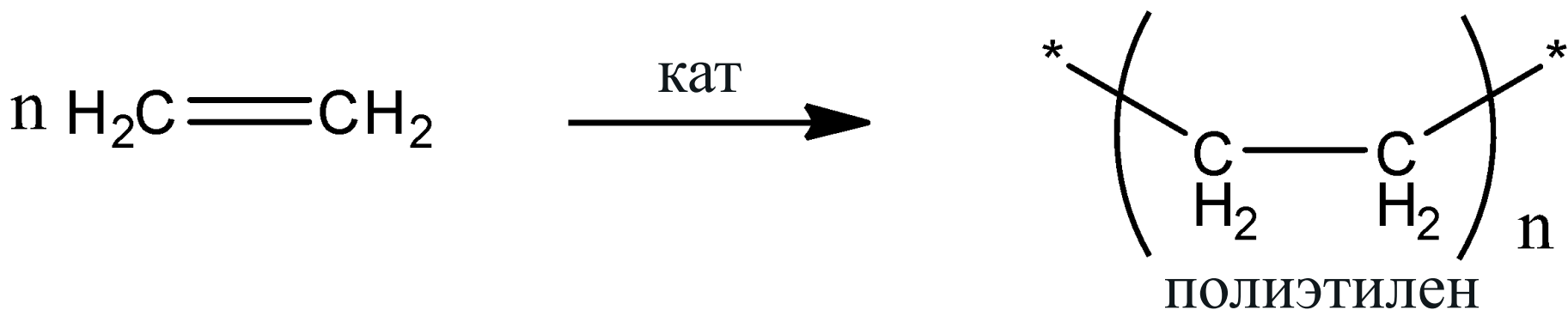
Направление реакций гидратации определяется правилом Марковникова.

# 4. Полимеризация

**Полимеризация** - процесс соединения многих маленьких одинаковых молекул в одну большую молекулу.

При полимеризации двойные связи в молекулах исходного непредельного соединения "разрываются", и за счет образующихся свободных валентностей эти молекулы соединяются друг с другом.

Полимеризация алкенов вызывается нагреванием, давлением, облучением, действием свободных радикалов или катализаторов.



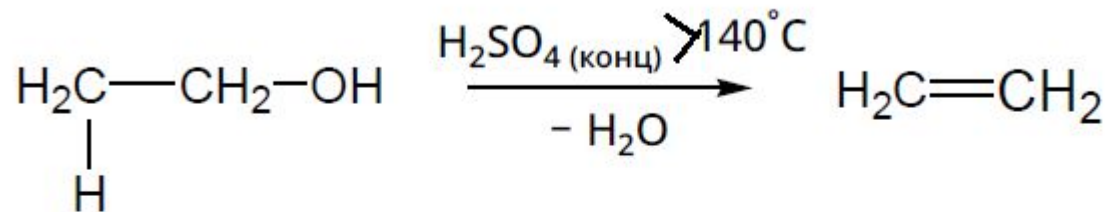




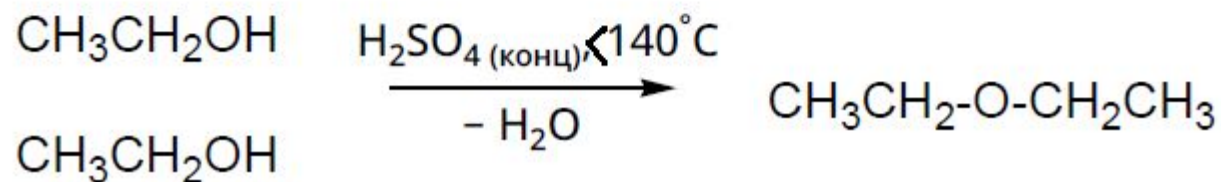
# Получение алкенов

2) Дегидратация (отщепление воды) спиртов при нагревании с водоотнимающими средствами (концентрированная серная или фосфорная кислоты) или при пропускании паров спирта над катализатором (окись алюминия).

А Внутримолекулярная



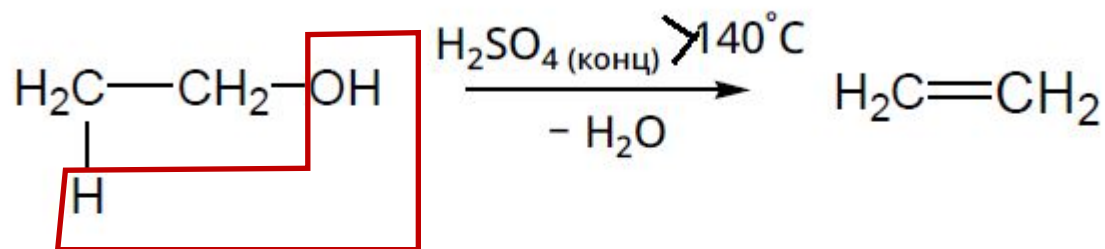
Б Межмолекулярная



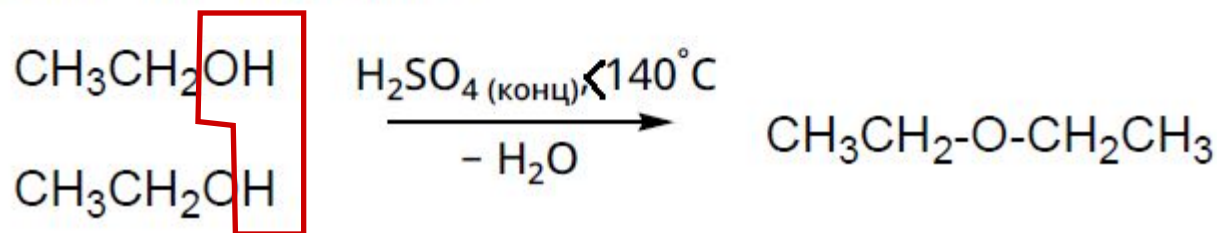
# Получение алкенов

2) Дегидратация (отщепление воды) спиртов при нагревании с водоотнимающими средствами (концентрированная серная или фосфорная кислоты) или при пропускании паров спирта над катализатором (окись алюминия).

А Внутримолекулярная

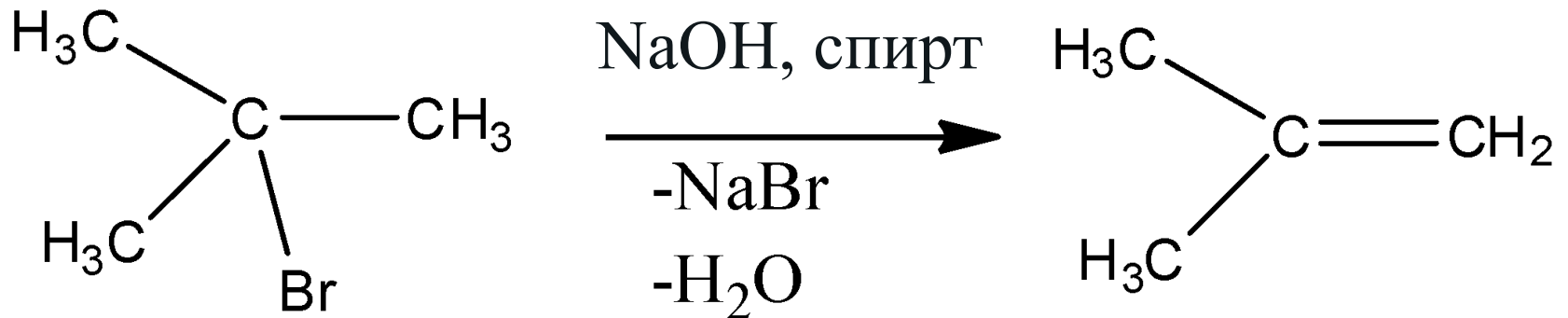
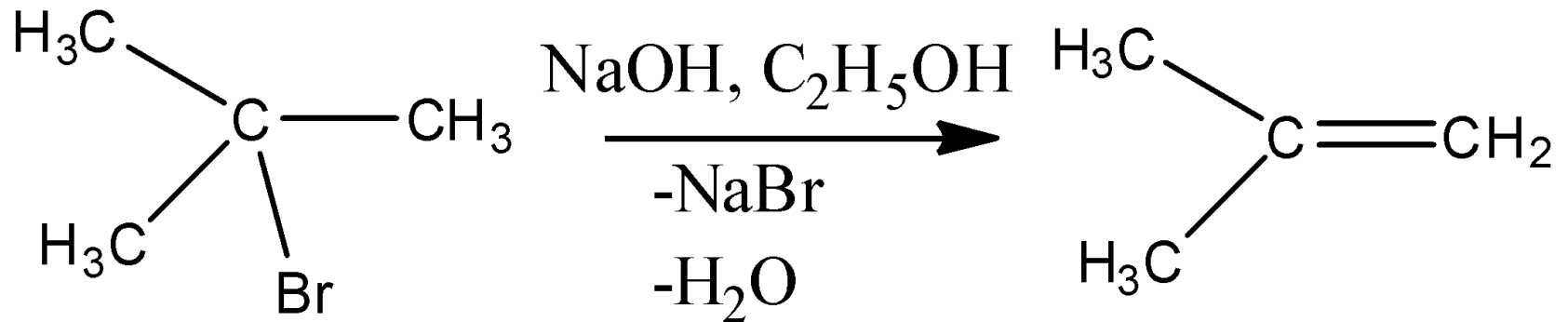


Б Межмолекулярная



# Получение алкенов

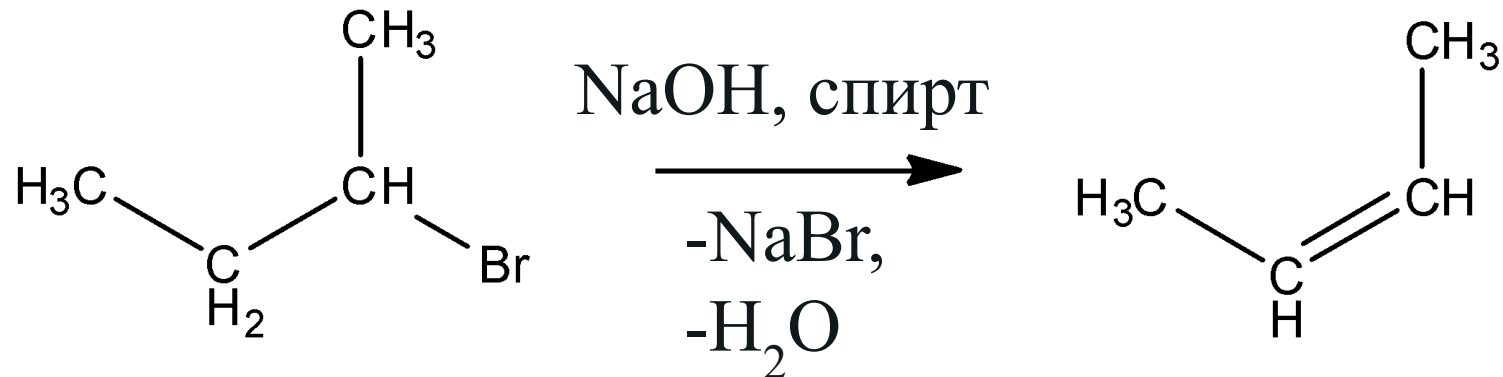
3) Дегидрогалогенирование –  
галогенпроизводные со спиртовым раствором NaOH



# Получение алкенов

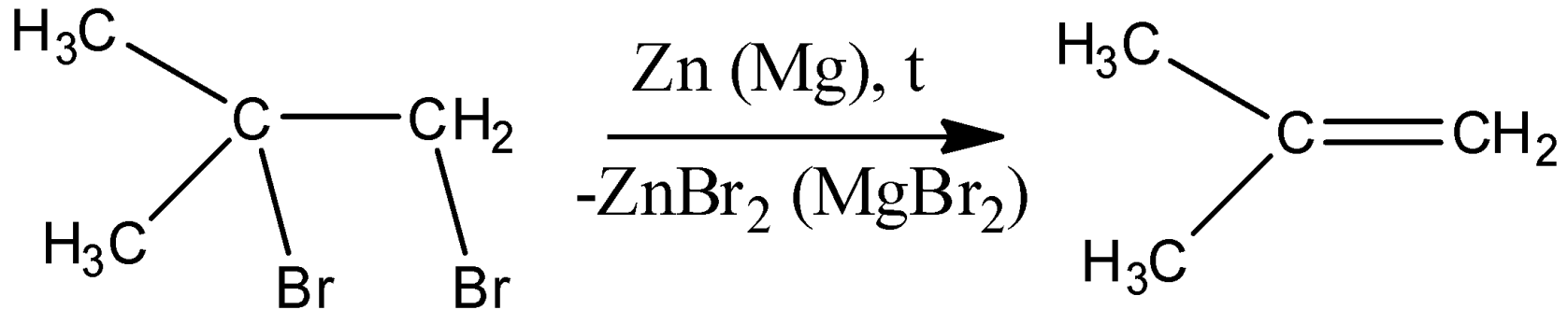
Дегидратация и дегидрогалогенирование несимметричных соединений происходит по **правилу Зайцева**

При отщеплении галогеноводородов или воды от несимметричных галогеналканов или спиртов атом водорода отщепляется от наименее гидрогенизированного атома углерода



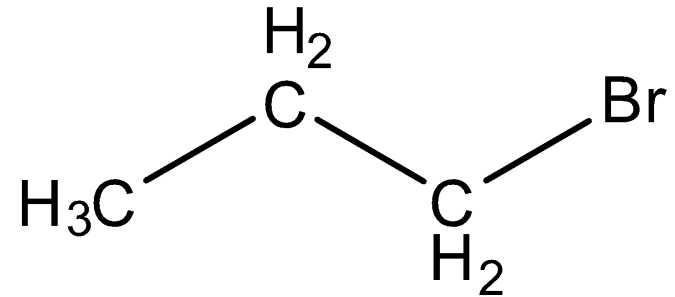
# Получение алкенов

4) Дегалогенирование – нагревание вицинального дигалогенпроизводного с цинком или магнием

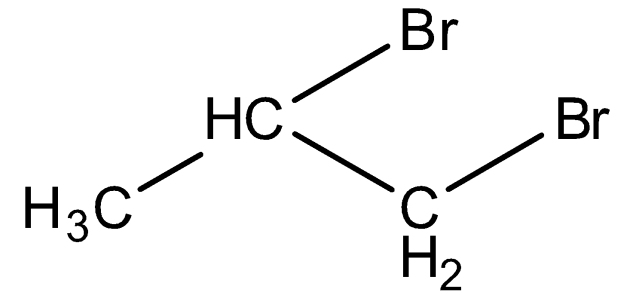


# Получение алкенов

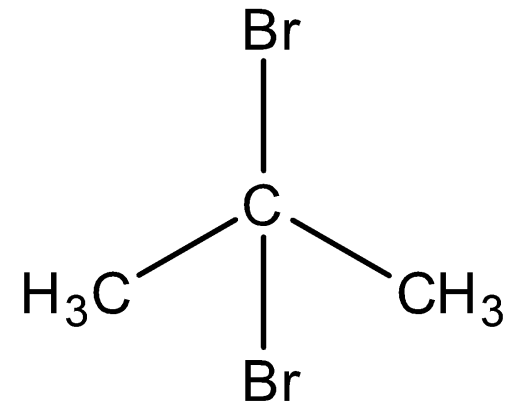
Терминальная группа  
– на конце



Вицинальные группы  
– у соседних атомов углерода



Геминальные группы  
– у одного атома углерода



# Применение алкенов

Алкены широко используются в промышленности в качестве исходных веществ в органическом синтезе.

Наибольшее значение имеет этилен и его производные.

Применение этилена и его  
производных:



Этилен ускоряет созревание плодов





В качестве топлива



Этиленгликоль – для получения антифризов,  
тормозных жидкостей



Дихлорэтан – растворитель





Дихлорэтан – для борьбы с вредителями  
(окуривание зернохранилищ)



Хлорэтан, бромэтан – для наркоза  
при легких операциях



Этиловый спирт - растворитель, антисептик в  
медицине, в производстве синтетического  
каучука...





Производство полиэтилена

# Изоляция проводов и кабелей





# Трубы



# Tapa



# Пленка

