



# Химические свойства алкенов

# Химические свойства алкенов

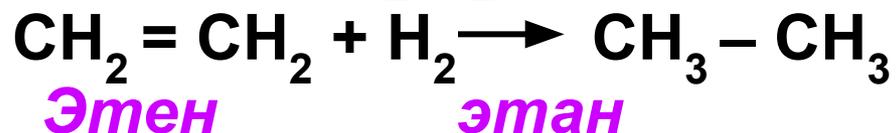
- По химическим свойствам алкены резко отличаются от алканов. Алкены более химически активные вещества, что обусловлено наличием двойной связи, состоящей из  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей. Алкены способны присоединять два одновалентных атома или радикала за счёт разрыва  $\pi$ -связи, как менее прочной.

# Типы химических реакций, которые характерны для алкенов

- Реакции присоединения
- Реакции полимеризации
- Реакции окисления

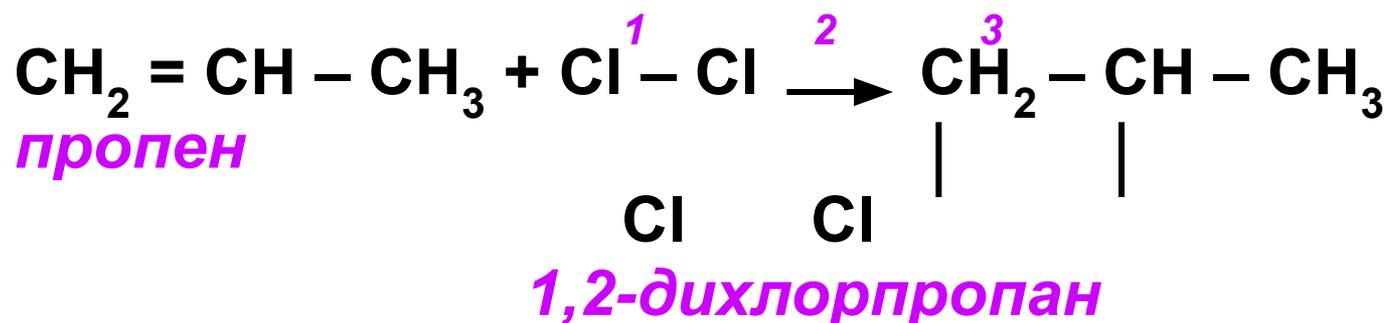
# Реакции присоединения

## 1. Гидрирование



Условия реакции: катализатор – Ni, Pt, Pd

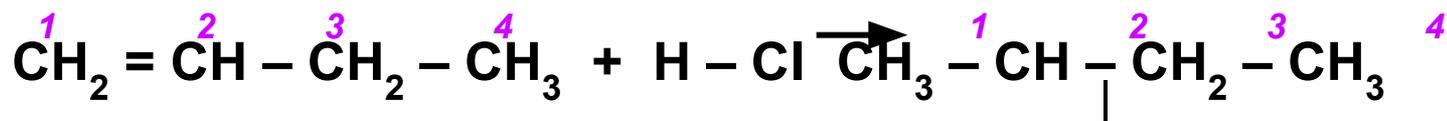
## 2. Галогенирование



*Реакция идёт при обычных условиях.*

# Реакции присоединения

## 3. Гидрогалогенирование



Бутен-1

Cl

2-хлорбутан

## 4. Гидратация



пропен

OH

пропанол-2

Условия реакции: катализатор – серная кислота, температура.

Присоединение молекул галогеноводородов и воды к молекулам несимметричных алкенов происходит в соответствии с **правилом В.В. Марковникова**

# Правило В.В. Марковникова

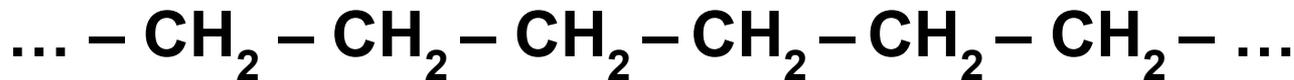
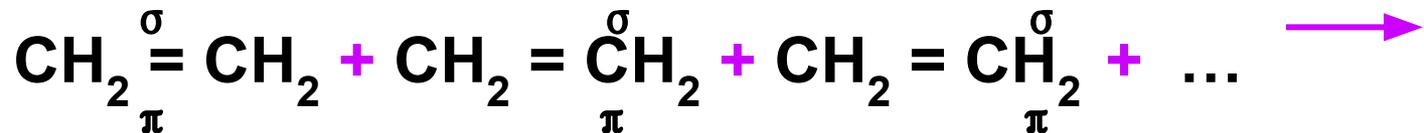
- Атом водорода присоединяется к наиболее гидрированному атому углерода при двойной связи, а атом галогена или гидроксогруппа – к наименее гидрированному.



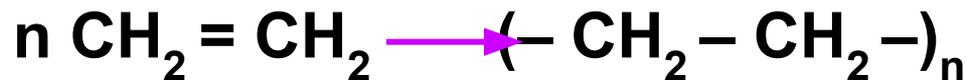
# Реакции полимеризации

(свободно-радикальное присоединение)

**Полимеризация** – это последовательное соединение одинаковых молекул в более крупные.



Сокращённо уравнение этой реакции записывается так:



**Этен**

**полиэтилен**

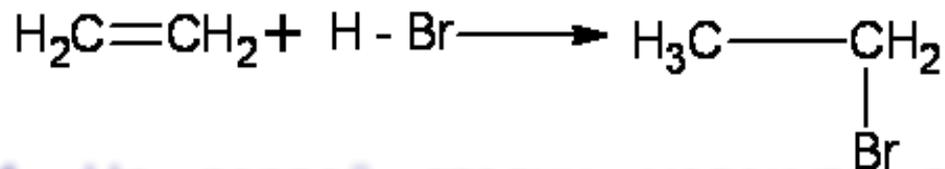
Условия реакции: повышенная температура, давление, катализатор.

**!Написать реакции полимеризации пропилена и бутилена**

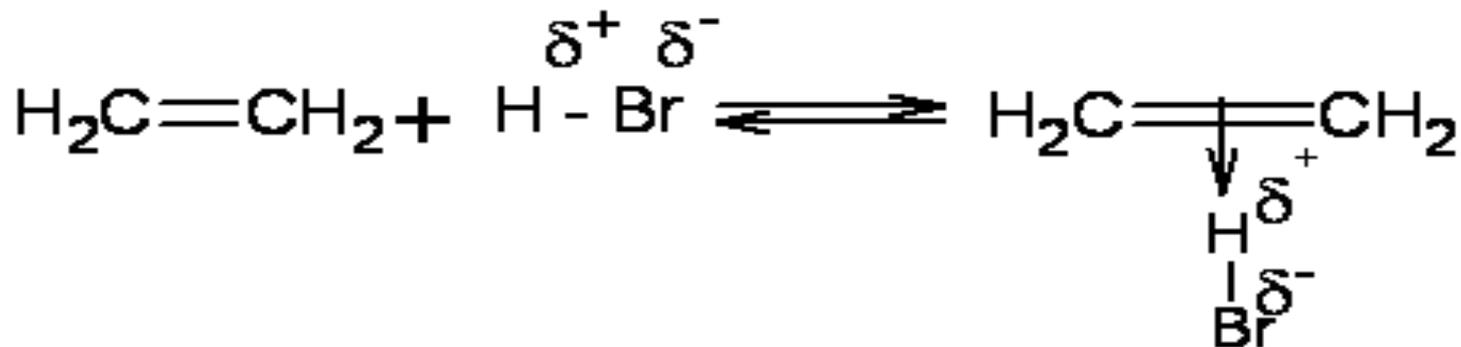
# Механизм реакций присоединения алкенов

- $\pi$ -связь является донором электронов, поэтому она легко реагирует с электрофильными реагентами.
- Электрофильное присоединение: разрыв  $\pi$ -связи протекает по гетеролитическому механизму, если атакующая частица является электрофилом.
- Свободно-радикальное присоединение: разрыв связи протекает по гомолитическому механизму, если атакующая частица является радикалом.

# Механизм реакций электрофильного присоединения

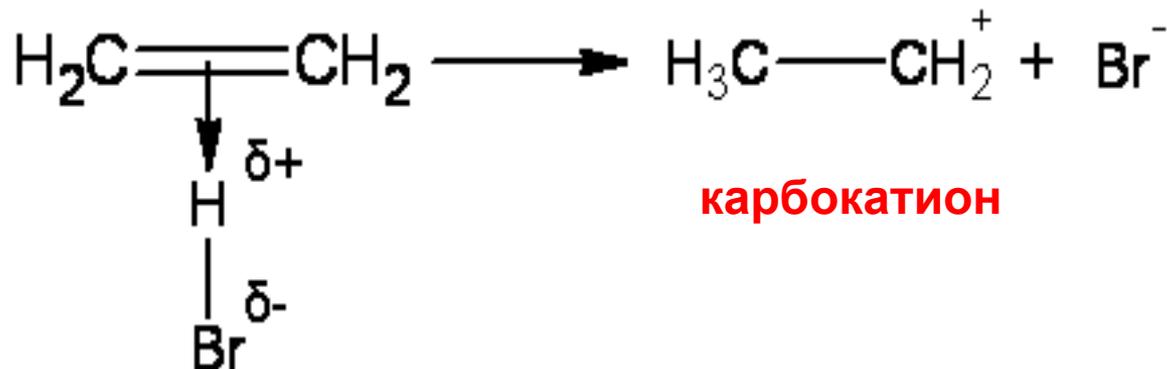


**Стадия 1.** На первой стадии молекула галогеноводорода образует с  $\pi$ -электронным облаком двойной связи неустойчивую систему – « $\pi$ -комплекс» за счет частичной передачи  $\pi$ -электронной плотности на атом водорода, несущий частичный положительный заряд.



# Механизм реакций электрофильного присоединения

**Стадия 2.** Связь водород-галоген разрывается с образованием электрофильной частицы  $H^+$ , и нуклеофильной частицы  $Br^-$ . Освободившийся электрофил  $H^+$  присоединяется к алкену за счет электронной пары двойной связи, образуя  $\sigma$ -комплекс – карбокатион.



# Механизм реакций электрофильного присоединения

**Стадия 3.** На этой стадии к положительно заряженному карбокатиону присоединяется отрицательно заряженный нуклеофил с образованием конечного продукта реакции.



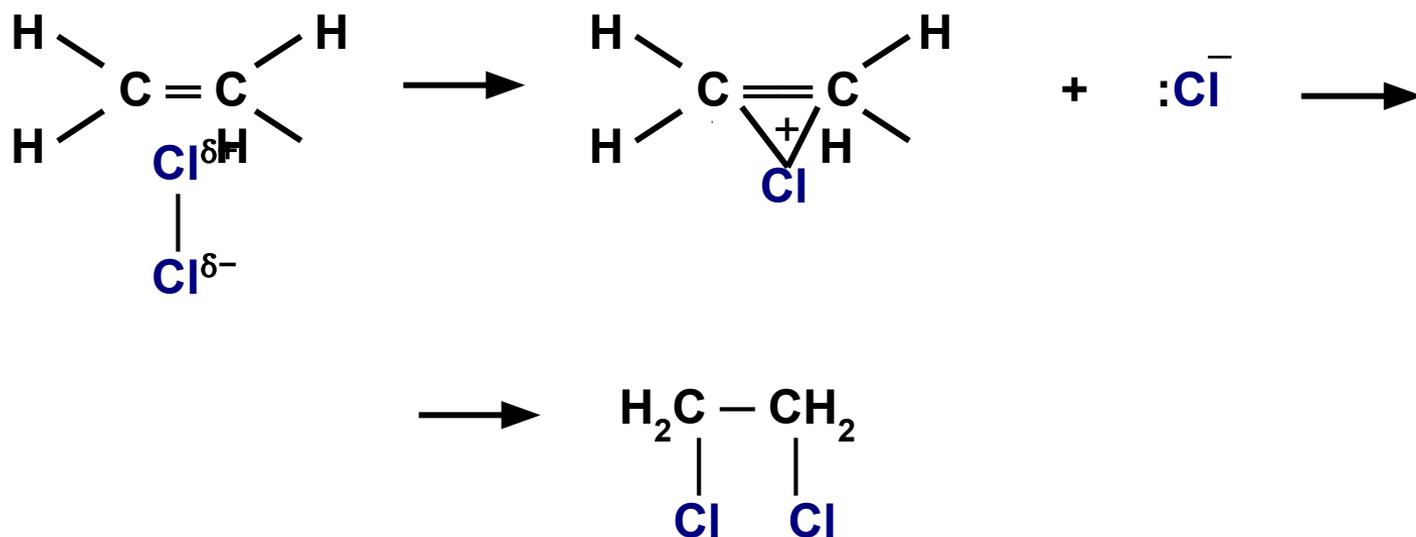
# Механизм реакций электрофильного присоединения

**Стадия 3.** На этой стадии к положительно заряженному карбокатиону присоединяется отрицательно заряженный нуклеофил с образованием конечного продукта реакции.



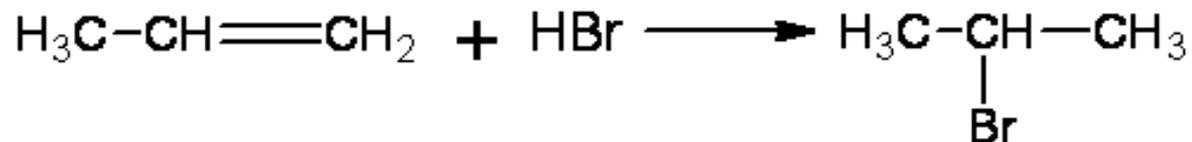
[Видео](#)

# Электрофильное присоединение

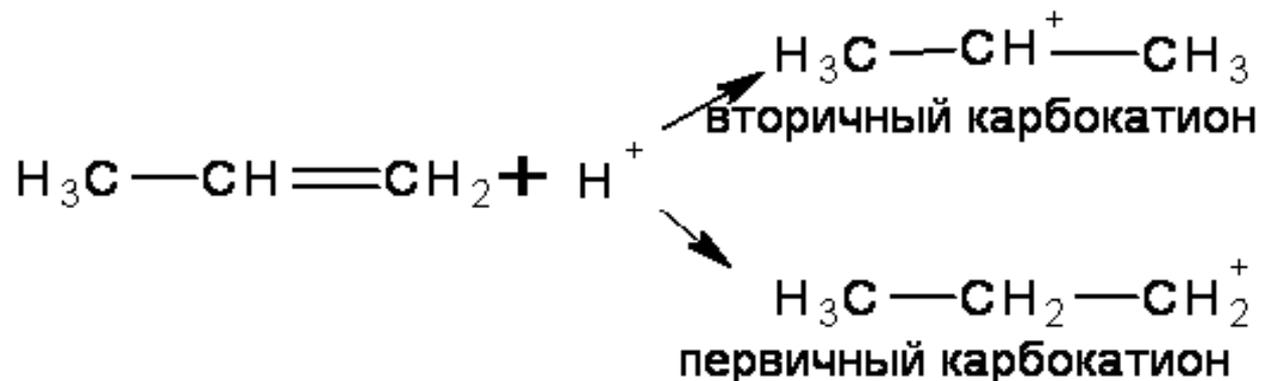


Молекула галогена не имеет собственного диполя, однако вблизи  $\pi$ -электронов происходит поляризация ковалентной связи, благодаря чему галоген ведёт себя как электрофильный агент.

# ПОЧЕМУ ВЫПОЛНЯЕТСЯ ПРАВИЛО МАРКОВНИКОВА?



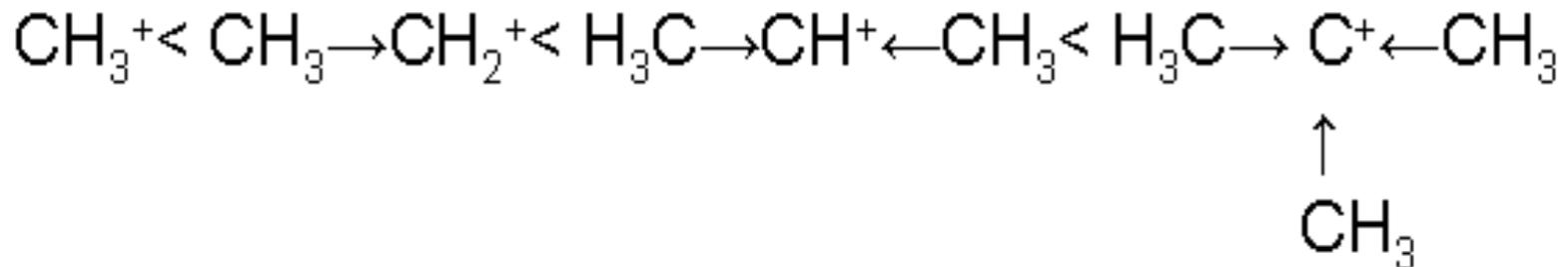
В реакциях электрофильного присоединения к несимметричным алкенам на второй стадии реакции может образоваться два карбокатиона. Далее реагировать с нуклеофилом, а значит, и определять продукт реакции будет более устойчивый из них.



# ПОЧЕМУ ВЫПОЛНЯЕТСЯ ПРАВИЛО МАРКОВНИКОВА?

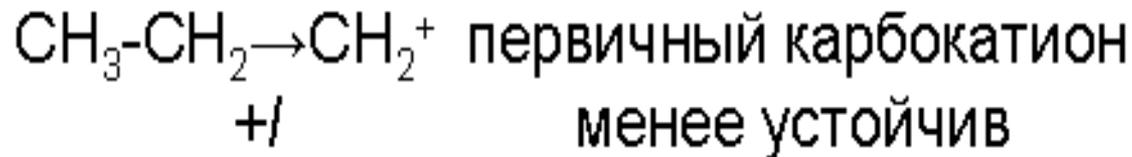
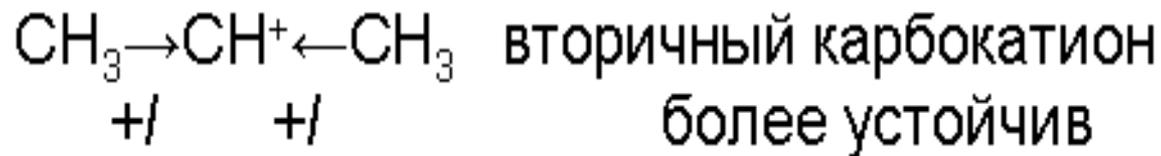
Из-за различия электроотрицательностей атомов углерода и водорода на атоме углерода группы  $-\text{CH}_3$  появляется некоторый избыток электронной плотности, а на атоме водорода – некоторый ее дефицит

$\text{C}^{\delta-}\text{H}_3^{\delta+}$ . Наличие такой группы рядом с атомом углерода, несущим положительный заряд, неизбежно вызывает смещение электронной плотности в сторону положительного заряда. Таким образом, метильная группа выступает как донор, отдавая часть своей электронной плотности. Про такую группу говорят, что она обладает **положительным индуктивным эффектом (+I-эффектом)**. Чем большим количеством таких **электронодонорных (+I)** - заместителей окружен углерод, несущий положительный заряд, тем более устойчив соответствующий карбокатион. Таким образом, стабильность карбокатионов возрастает в ряду:



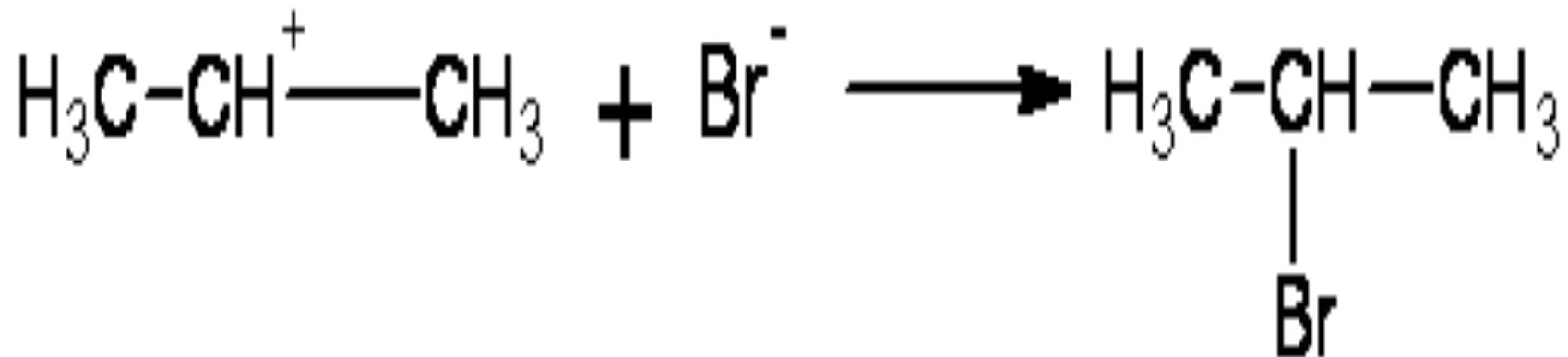
# ПОЧЕМУ ВЫПОЛНЯЕТСЯ ПРАВИЛО МАРКОВНИКОВА?

В случае пропена наиболее устойчивым является вторичный карбокатион, так как в нем положительно заряженный атом углерода карбокатиона стабилизирован двумя  $+I$ -эффектами соседних метильных групп. Преимущественно образуется и реагирует дальше именно он. Неустойчивый первичный карбокатион, по-видимому, существует очень короткое время, так что за время своей «жизни» не успевает присоединить нуклеофил и образовать продукт реакции.



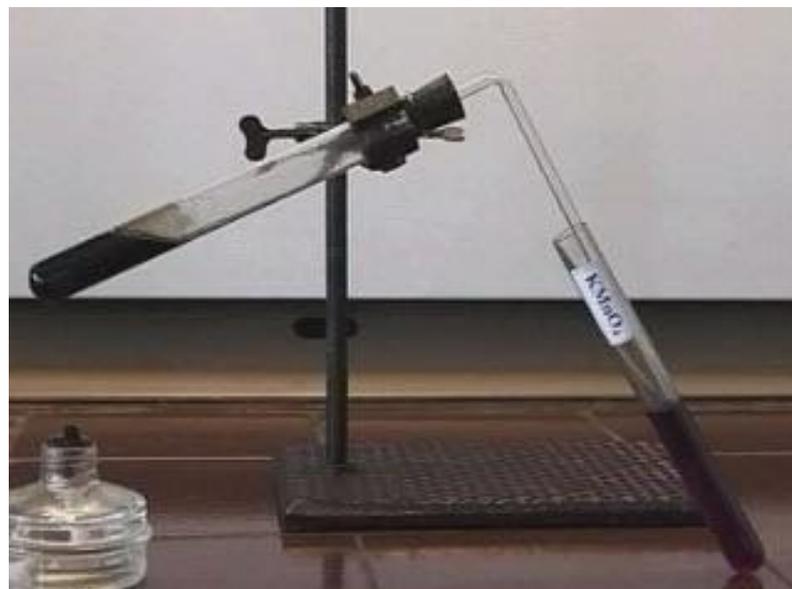
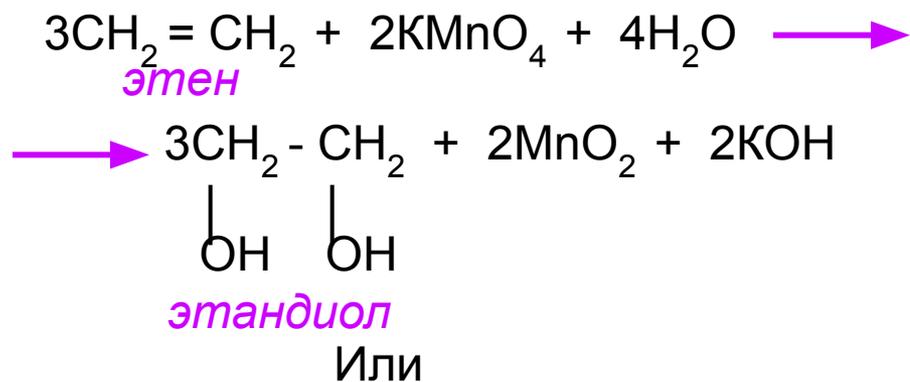
# ПОЧЕМУ ВЫПОЛНЯЕТСЯ ПРАВИЛО МАРКОВНИКОВА?

При присоединении на последней стадии бромид-иона к вторичному карбокатиону и образуется 2-бромпропан:



# Реакции окисления

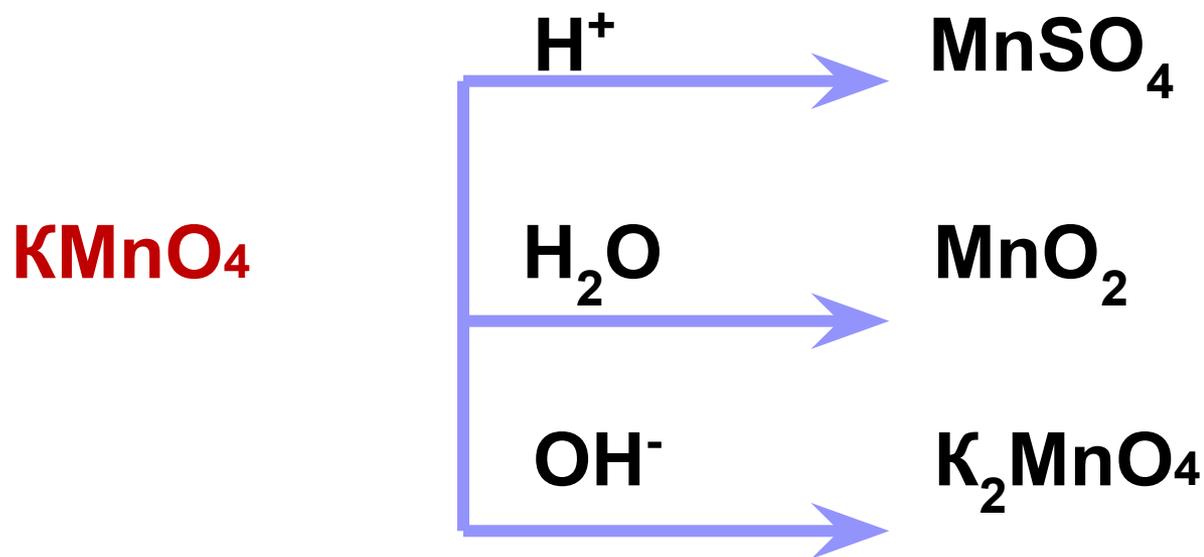
**Реакция Вагнера.** (Мягкое окисление раствором перманганата калия).



Видео

# Реакции окисления

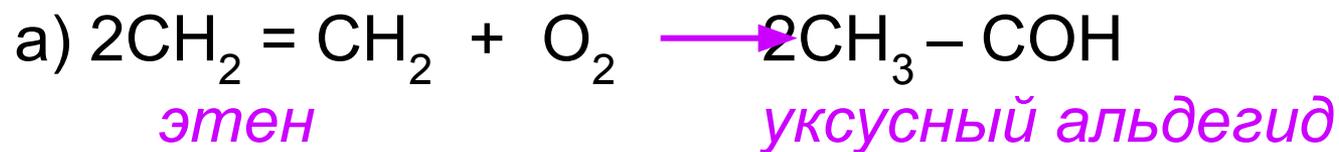
## ■ Окисление **KMnO<sub>4</sub>**



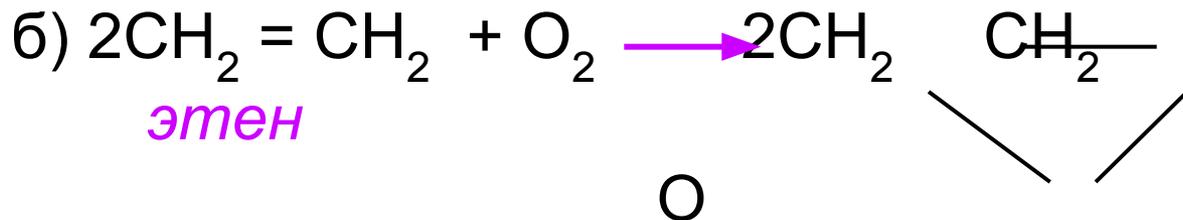
Подробно реакции окисления рассмотрены в презентации «Окисление алкенов»

# Реакции окисления

## Каталитическое окисление



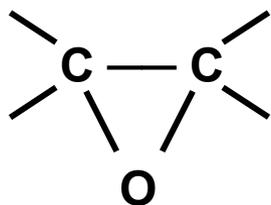
*Условия реакции:* катализатор – влажная смесь двух солей  $\text{PdCl}_2$  и  $\text{CuCl}_2$ .



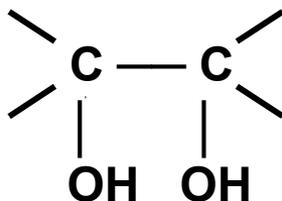
*оксид этилена (эпоксид)*

*Условия реакции:* катализатор –  $\text{Ag}$ ,  $t = 150\text{-}350^\circ\text{C}$

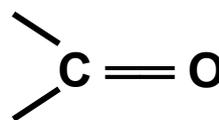
# Возможные продукты окисления алкенов



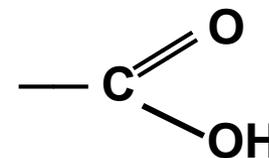
ЭПОКСИДЫ



ДИОЛЫ



альдегиды  
или кетоны



КИСЛОТЫ

# Горение алкенов

**Алкены** горят красноватым светящимся пламенем, в то время как пламя предельных углеводородов голубое. Массовая доля углерода в алкенах несколько выше, чем в алканах с тем же числом атомов углерода.



При недостатке кислорода



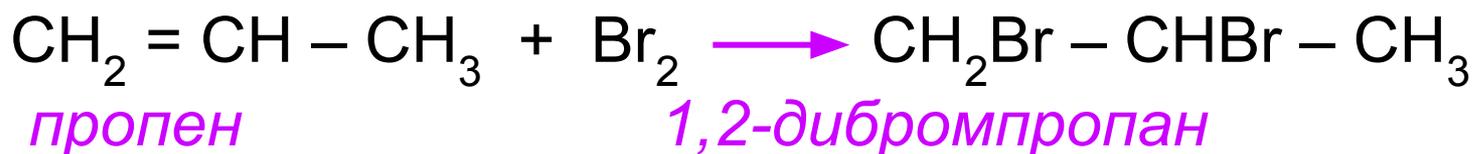
# Получение и горение этилена



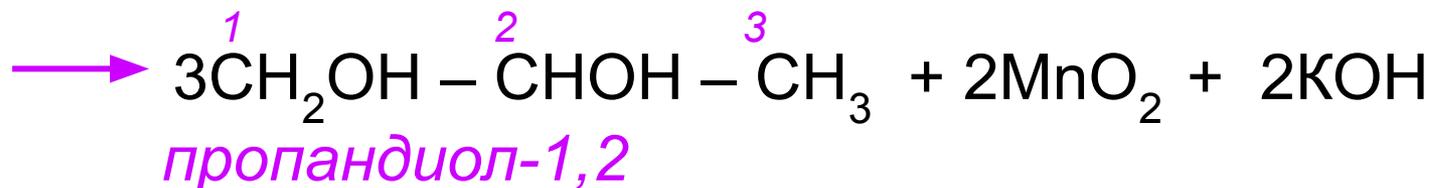
ВИДЕО

# Качественные реакции на двойную углерод-углеродную СВЯЗЬ

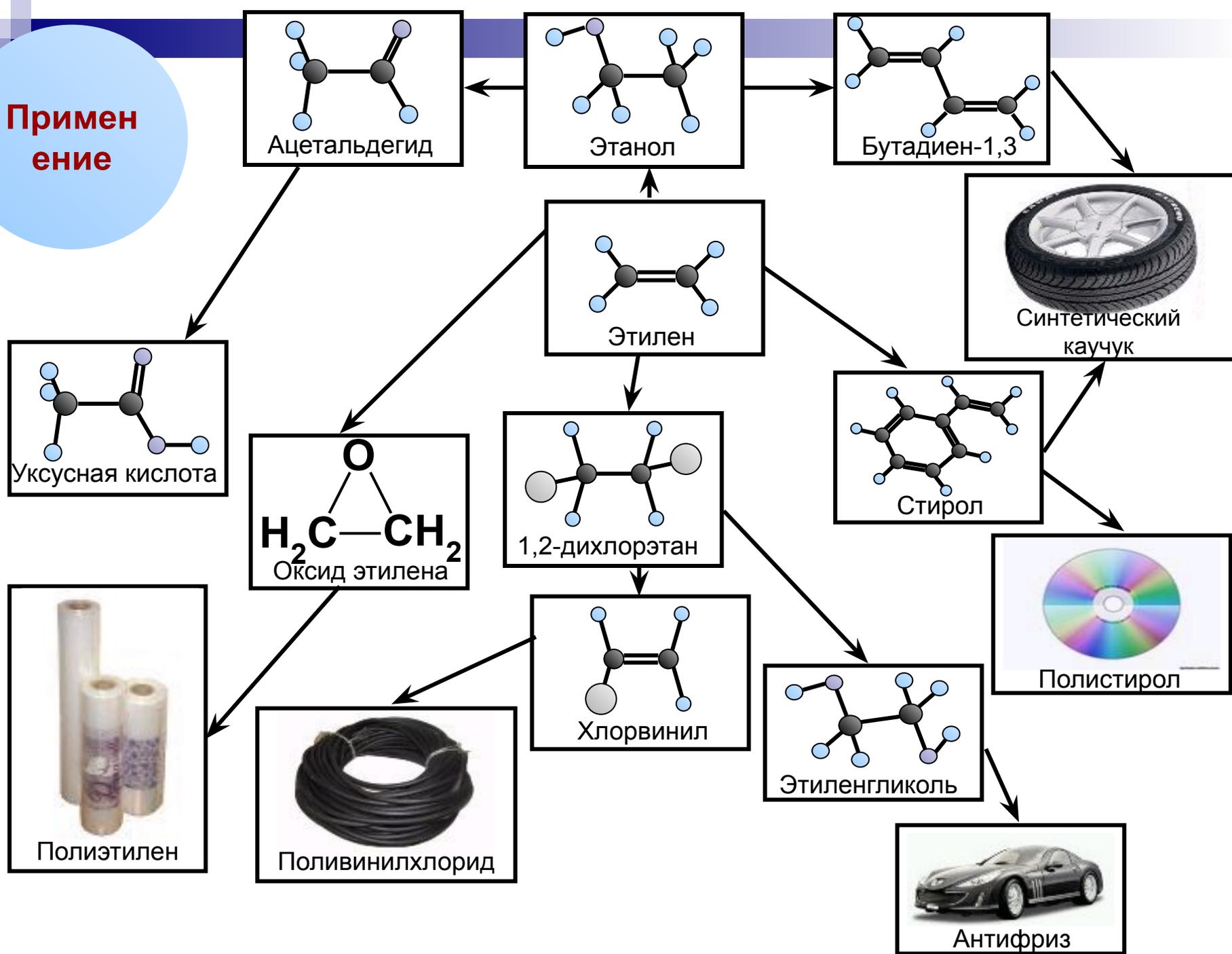
- **Обесцвечивание бромной воды**



- **Обесцвечивание раствора перманганата калия**



# Применение



**Алкен массой 4,2 г  
способен присоединить 8 г  
брома.  
Молекулярная формула  
алкена:**

**Проверк  
а  
знаний**

**Вопрос**

**1**

**Вопрос**

**2**

**Вопрос**

**3**

**Вопрос**

**4**

**Вопрос**

**5**

**А**



**В**



**Б**



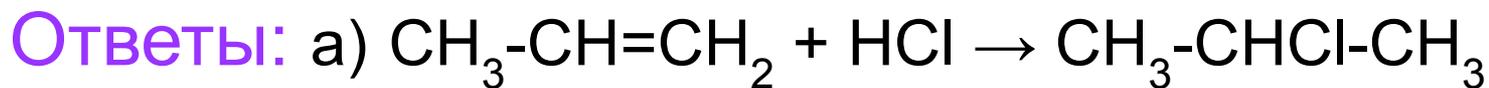
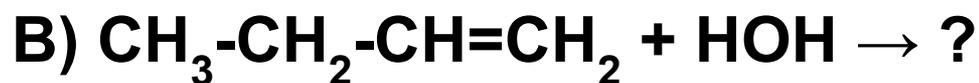
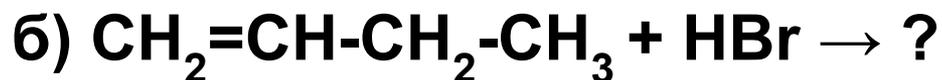
**Г**



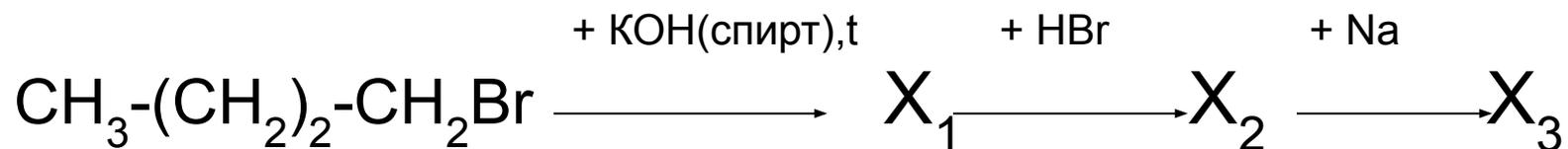
# Проверьте правильность написаний уравнений реакций

- $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_2\text{Br} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$

Используя правило Марковникова,  
напишите уравнения следующих  
реакций присоединения:



# Осуществить превращения:



**Ответы:**  $\text{X}_1$  бутен-1  
 $\text{X}_2$  2-бромбутан  
 $\text{X}_3$  3,4-диметилгексан

# Решите задачу

- Найдите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором составляет 85,7 %. Относительная плотность этого углеводорода по азоту равна 2.
- При сжигании углеводорода массой 0,7 г образовались оксида углерода (IV) и вода количеством вещества по 0,05 моль каждое. Относительная плотность паров этого вещества по азоту равна 2,5. Найдите молекулярную формулу алкена.
- При сжигании углеводорода массой 11,2 г получили 35,2 г оксида углерода (IV) и 14,4 г воды. Относительная плотность углеводорода по воздуху 1,93. Найдите молекулярную формулу вещества.

# Проверь

## Задача 1

$M(C_xH_y) = 56$  г/моль  
 $m(C_xH_y) = 56$  г  
 $m(C) = 48$  г  
 $m(H) = 8$  г

$$x : y = \frac{48}{12} : \frac{8}{1} = 4 : 8$$

Ответ:  $C_4H_8$

## Задача 2

$M(C_xH_y) = 70$  г/моль  
 $n(H) = 0,1$  моль

$n(C) = 0,05$  моль

$$x : y = 0,05 : 0,1 = 1 : 2$$

Простейшая формула  $CH_2$

Истинная –  $C_5H_{10}$

Ответ:  $C_5H_{10}$

## Задача 3

$M(C_xH_y) = 56$  г/моль

$m(C_xH_y) = 11,2$  г

$n(CO_2) = 0,8$  моль

$n(H_2O) = 0,8$  моль

$n(C) = 0,8$  моль

$n(H) = 1,6$  моль

$$x : y = 0,8 : 1,6 = 1 : 2$$

Простейшая формула  $CH_2$

Истинная –  $C_4H_8$

Ответ:  $C_4H_8$

Спасибо за работу на уроке!



Успехов в освоении органической химии!