АЛКЕНЫ

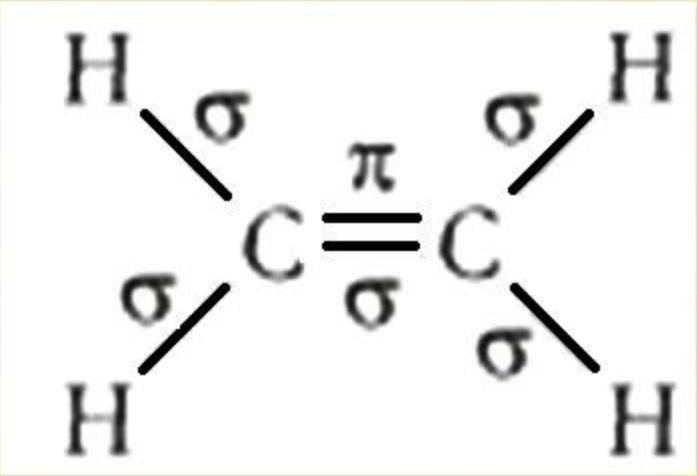
Алкены

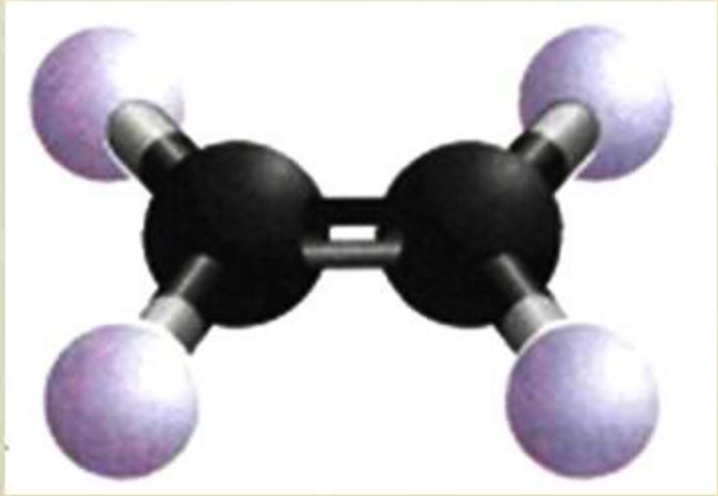
Алкенами или олефинами, или этиленовыми углеводородами называются углеводороды, содержащие в молекуле одну двойную связь и имеющие общую формулу

$$C_nH_{2n}$$

Строение алкенов

Атомы углерода с двойной связью в молекуле алкенов находятся в состоянии sp^2-гибридизации. Три гибридных облака, имеющие форму неправильной восьмерки, располагаются под углом 120° и образуют σ-связи с атомами С и Н





Гомологический ряд алкенов

Название	Формула
Этен (этилен)	C_2H_4
Пропен (пропилен)	C_3H_6
Бутен (булилен)	C_4H_8
Пентен (амилен)	C_5H_{10}
Гексен (гексилен)	C_6H_{12}
Гептен (гептилен)	C_7H_{14}
Октен (октилен)	C_8H_{16}
Нонен (нонилен)	C_9H_{18}
Децен (децилен)	$C_{10}H_{20}$

Непредельные углеводородные радикалы:

Название	Углеводородный радикал
Винил	$-CH=CH_2$
Аллил	$-CH_2-CH=CH_2$

Структурная изомерия

Изомерия алкенов

1. Изомерия углеродного скелета

$CH_3-CH_2-CH=CH_2$

бутен - 1

$CH_3-C(CH_3)=CH_2$

метилпропен

2. Изомерия положения кратной связи

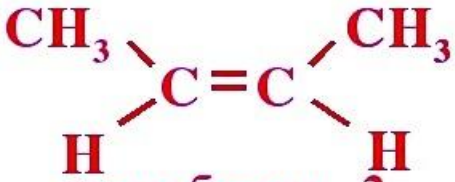
$CH_3-CH_2-CH=CH_2$

бутен - 1

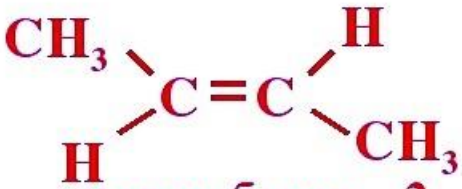
$CH_3-CH=CH-CH_3$

бутен - 2

Геометрическая изомерия



цис-бутен - 2



транс-бутен - 2

Межклассовая изомерия

$CH_2=CH-CH_3$

пропен

циклопропан

Физические свойства алкенов

- Алкены плохо растворимы в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях.
- C_2– C_4 - газы
- C_5– C_{16} - жидкости
- C_{17}… - твёрдые вещества
- С увеличением молекулярной массы алкенов повышаются температуры кипения и плавления

ПОЛУЧЕНИЕ АЛКЕНОВ

1. Крекинг алканов.

$$C_6H_{14} \xrightarrow{600\ ^0C} \begin{array}{l} C_2H_6 + C_4H_8 \\ \text{этан} \quad \text{бутен} \\ C_3H_8 + C_3H_6 \\ \text{пропан} \quad \text{пропен} \\ CH_4 + C_5H_{10} \\ \text{метан} \quad \text{пентен} \end{array}$$

гексан

2. Дегидрирование алканов.

$$CH_3\text{-}CH_3 \xrightarrow{400\text{-}600\ ^0C,\ Cr_2O_3} CH_2{=}CH_2 + H_2\uparrow$$

этан — этен (этилен)

3. Дегидратация спиртов.

Дегидратация/гидратация - отщепление/присоединение молекул H_2O.

R-OH ← общая формула предельных одноатомных спиртов

↑ УВ радикал

↑ гидроксильная группа (функциональная группа класса)

Дегидратация происходит при вз-ии спиртов с водоотнимающими агентами (H_2SO_4, H_3PO_4, Al_2O_3) и t.

а) внутримолекулярная дегидратация (t>140 ^{0}C) - образуются алкены.

При отщеплении несимметричных молекул атом Н отщепляется, согласно **правилу Зайцева,** <u>от менее гидрированного атома С</u>:

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}\text{-}CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4,\ 170\ ^0C} CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3 + H_2O$$

пентанол-2 → пентен-2

б) межмолекулярная дегидратация (t≤140 ^{0}C) - образуются простые эфиры:

$$CH_3\text{-}OH + HO\text{-}CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4,\ 140\ ^0C} CH_3\text{-}O\text{-}CH_3 + H_2O$$

диметиловый эфир

4. Дегидрогалогенирование моногалогеналканов.

Дегидрогалогенирование/гидрогалогенирование - отщепление/присоединение молекул HCl или HBr.

На моногалогеналкан действуют спиртовым р-ром щёлочи, к-рый **всегда** отщепляет галогеноводород.

По **правилу Зайцева,** при отщеплении несимметричных молекул, атом H отщепляется от менее гидрированного атома C:

$$CH_3\text{-}CH(Cl)\text{-}CH_2\text{-}CH_3 + KOH_{спирт.\ р\text{-}р} \xrightarrow{t} CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3 + KCl + H_2O$$

2-хлорбутан бутен-2

Вз-е моногалогеналкана с водным р-ром щелочи протекает по-другому:

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}Cl + KOH_{водный.\ р\text{-}р} \longrightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH + KCl$$

хлорэтан этиловый спирт

5. Дегалогенирование дигалогеналканов.

Дегалогенирование/галогенирование - отщепление/присоединение молекул Cl_2 или Br_2.

На дигалогеналканы, у которых галогены находятся у соседних атомов C, действуют металлическим Zn или Mg:

$$CH_3\text{-}CH(Br)\text{-}CH(Br)\text{-}CH_3 + Zn \xrightarrow{t} CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3 + ZnBr_2$$

2,3-дибромбутан бутен-2

ХИМ. СВ-ВА АЛКЕНОВ

Р-ЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ

1. Галогенирование.

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

Обесцвечивание бромной воды - качественная р-ция на кратные связи!

2. Гидрирование.

$$\underset{\text{пропен}}{CH_2{=}CH\text{-}CH_3} + H_2 \xrightarrow{Pt} \underset{\text{пропан}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3}$$

3. Гидрогалогенирование и гидратация.

По **правилу Марковникова,** при присоединении несимметричных молекул, атом H присоединяется к <u>более гидрированному атому C</u>:

$$\underset{\text{пропен}}{CH_3\text{-}CH{=}CH_2} + HCl \longrightarrow CH_3\text{-}\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}\text{-}CH_3$$

2-хлорпропан

$$\underset{\text{пропен}}{CH_3\text{-}CH{=}CH_2} + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4,\ t} CH_3\text{-}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}\text{-}CH_3$$

пропанол-2

Присоединение атомов H идёт против правила Марковникова, если:

- р-ция гидрогалогенирования или гидратации протекает в присутствии в качестве kat H_2O_2
- в молекуле алкена есть сильно электроотрицательный элемент (например, F)

4. Полимеризация.

Полимеризация - р-ция образования полимеров.

Полимеры - высокомолекулярные органические соединения, образующиеся из мономеров.

$$\underset{\substack{\text{этилен}\\ \text{(мономер)}}}{n(CH_2{=}CH_2)} \longrightarrow \underset{\substack{\text{полиэтилен}\\ \text{(полимер)}}}{(\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-})n}$$

ур-е р-ции полимеризации алкенов в общем виде на примере этилена

Р-ЦИИ ОКИСЛЕНИЯ

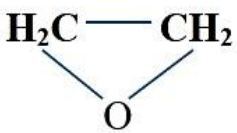
1. Полное окисление (горение).

$C_nH_{2n} + 1{,}5nO_2 \longrightarrow nCO_2 + nH_2O$ ⬅ ур-е р-ции полного сгорания алкенов в общем виде

алкен

$C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O$

2. Неполное каталитическое окисление.

$CH_2{=}CH_2 + O_2 \xrightarrow{Ag,\ 200\text{-}300\ ^0C}$ 

этилен

оксид этилена

$CH_2{=}CH_2 + O_2 \xrightarrow{CuCl_2,\ PdCl_2} CH_3\text{-}COH$

этилен этаналь

$CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + O_2 \xrightarrow{CuCl_2,\ PdCl_2} CH_3\text{-}CO\text{-}CH_3$

пропен пропанон (ацетон)

3. Окисление $KMnO_4$.

а) мягкое окисление (**р-ция Вагнера**) - в нейтральной или слабощелочной среде без нагревания происходит образование двухатомных спиртов - диолов:

$$\underset{\text{этилен}}{CH_2{=}CH_2} + KMnO_4 + H_2O \xrightarrow{[O]} \underset{\text{этандиол}}{\underset{OH}{CH_2}\text{-}\underset{OH}{CH_2}} + \underset{\text{осадок чёрного цвета}}{MnO_2\downarrow} + KOH$$

Обесцвечивание р-ра $KMnO_4$ - качественная р-ция на кратные связи!

б) жесткое окисление:

в нейтральной или слабощелочной среде при t происходит образование карбоновых к-т:

$$\underset{\text{бутен-2}}{CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3} + KMnO_4 \xrightarrow{t} \underbrace{\underset{\text{уксусная к-та}}{CH_3\text{-}COOH} + KOH}_{\text{р-ция нейтрализации}} + MnO_2\downarrow \longrightarrow$$

$$\longrightarrow \underset{\text{ацетат калия}}{CH_3\text{-}COOK} + MnO_2\downarrow + KOH + H_2O$$

$$\underset{\text{пентен-2}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3} + KMnO_4 \xrightarrow{t} \underset{\text{пропановая к-та}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH} + \underset{\text{уксусная к-та}}{CH_3\text{-}COOH} + MnO_2\downarrow + KOH \longrightarrow$$

$$\longrightarrow \underset{\text{пропионат калия}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOK} + \underset{\text{ацетат калия}}{CH_3\text{-}COOK} + MnO_2\downarrow + KOH + H_2O$$

$$\underset{\text{бутен-1}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH_2} + KMnO_4 \xrightarrow{t} \underset{\text{пропановая к-та}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH} + \underset{CO_2\uparrow + H_2O}{[H\text{-}COOH]} + MnO_2\downarrow + KOH \longrightarrow$$

$$\underset{\text{пропионат калия}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOK} + K_2CO_3 + KOH + MnO_2\downarrow + H_2O$$

в кислой среде при t также происходит образование карбоновых к-т:

$$\underset{\text{бутен-2}}{CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3} + KMnO_4 + H_2SO_4 \xrightarrow{t} \underset{\text{уксусная к-та}}{CH_3\text{-}COOH} + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

$$\underset{\text{пентен-2}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3} + KMnO_4 + H_2SO_4 \xrightarrow{t} \underset{\text{пропановая к-та}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH} + \underset{\text{уксусная к-та}}{CH_3\text{-}COOH} + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

$$\underset{\text{бутен-1}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH_2} + KMnO_4 + H_2SO_4 \xrightarrow{t} \underset{\text{пропановая к-та}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH} + [H\text{-}COOH] + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O \longrightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH + CO_2\uparrow + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

в щелочной среде при t происходит образование солей карбоновых к-т:

$$\underset{\text{пентен-2}}{CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_2\text{-}CH_3} + KMnO_4 + KOH \xrightarrow{t} CH_3\text{-}COOK + C_2H_5\text{-}COOK + H_2O + K_2MnO_4$$

$$\underset{\text{пропен}}{CH_3\text{-}CH{=}CH_2} + KMnO_4 + KOH \xrightarrow{t} CH_3\text{-}COOK + [H\text{-}COOH] + H_2O + K_2MnO_4 \longrightarrow CH_3\text{-}COOK + K_2CO_3 + H_2O + K_2MnO_4$$

При окислении алкенов, содержащих третичный атом С, получаются карбоновые к-ты и кетоны:

$$\underset{\text{2-метилбутен-2}}{CH_3\text{-}\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}{=}CH\text{-}CH_3} + KMnO_4 + H_2SO_4 \xrightarrow{t} \underset{\text{уксусная к-та}}{CH_3\text{-}COOH} + \underset{\text{пропанон}}{CH_3\text{-}CO\text{-}CH_3} + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$