АЛКЕНЫ

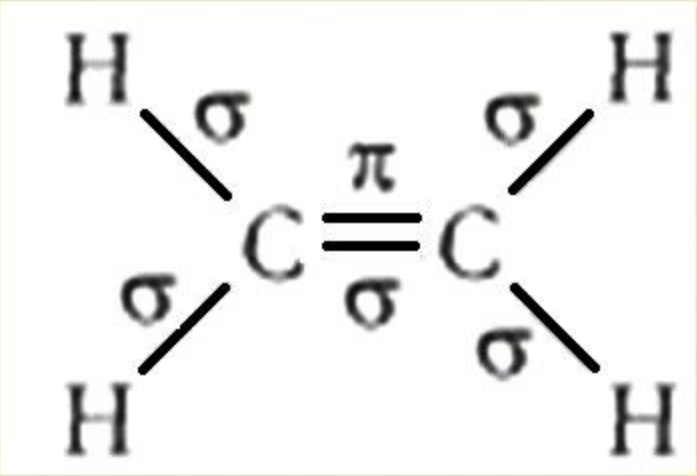
Алкены

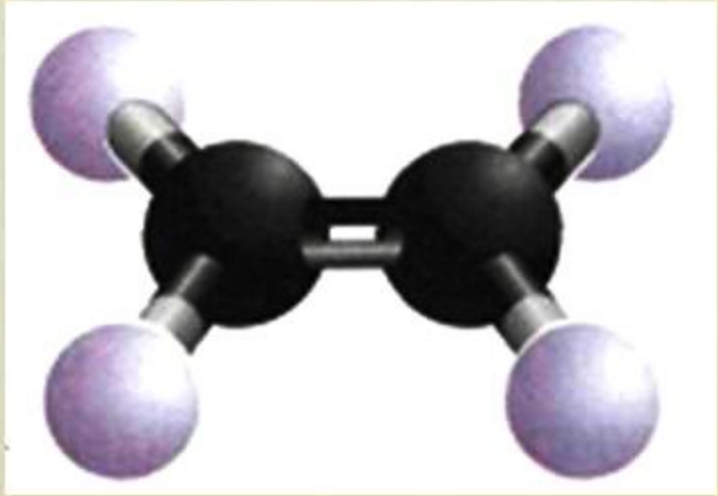
Алкенами или олефинами, или этиленовыми углеводородами называются углеводороды, содержащие в молекуле одну двойную связь и имеющие общую формулу

$$C_nH_{2n}$$

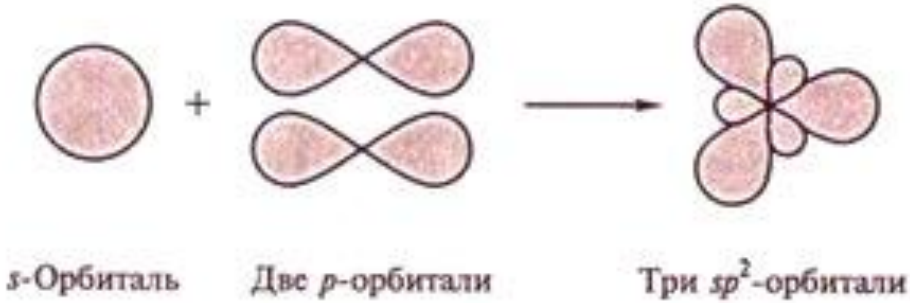
Строение алкенов

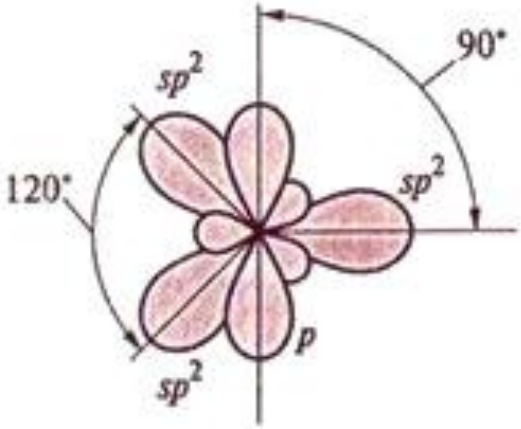
Атомы углерода с двойной связью в молекуле алкенов находятся в состоянии sp^2-гибридизации. Три гибридных облака, имеющие форму неправильной восьмерки, располагаются под углом 120° и образуют σ-связи с атомами С и Н

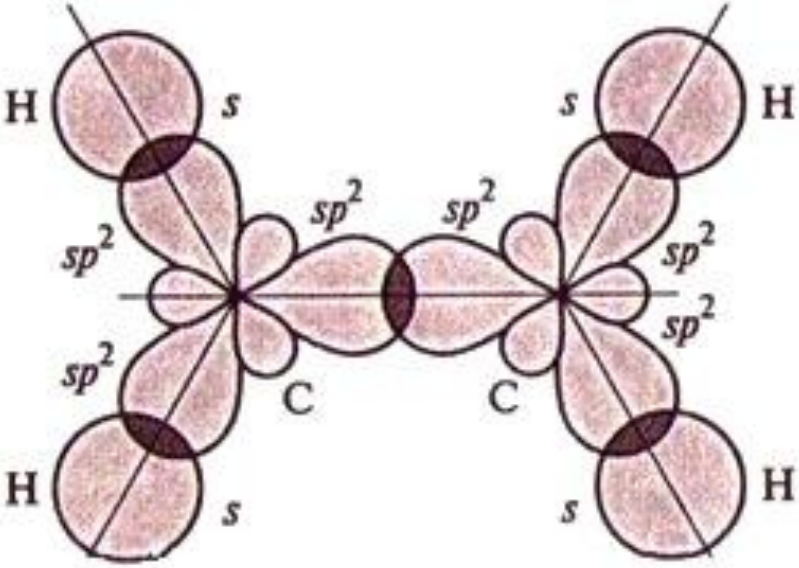


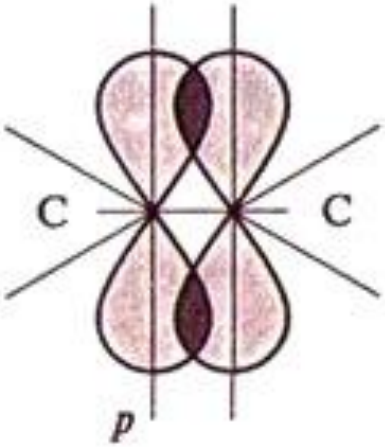


Электронное и пространственное строение алкенов









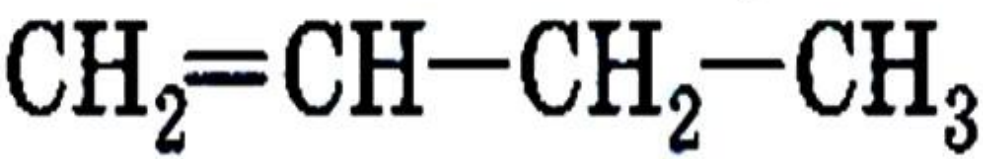
Гомологический ряд алкенов

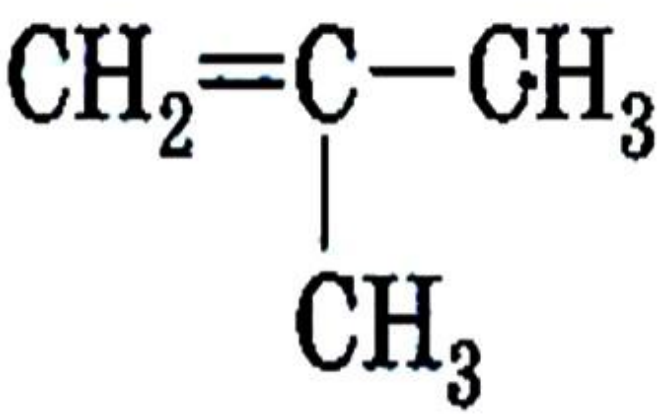
Название	Формула
Этен (этилен)	C_2H_4
Пропен (пропилен)	C_3H_6
Бутен (булилен)	C_4H_8
Пентен (амилен)	C_5H_{10}
Гексен (гексилен)	C_6H_{12}
Гептен (гептилен)	C_7H_{14}
Октен (октилен)	C_8H_{16}
Нонен (нонилен)	C_9H_{18}
Децен (децилен)	$C_{10}H_{20}$

Изомерия алкенов

изомерия углеродного скелета

Например: $\boxed{C_4H_8}$





бутен-1

2-метилпропен

Изомерия положения кратной связи

4 3 2 1

CH_3-CH_2-CH=CH

бутен-1

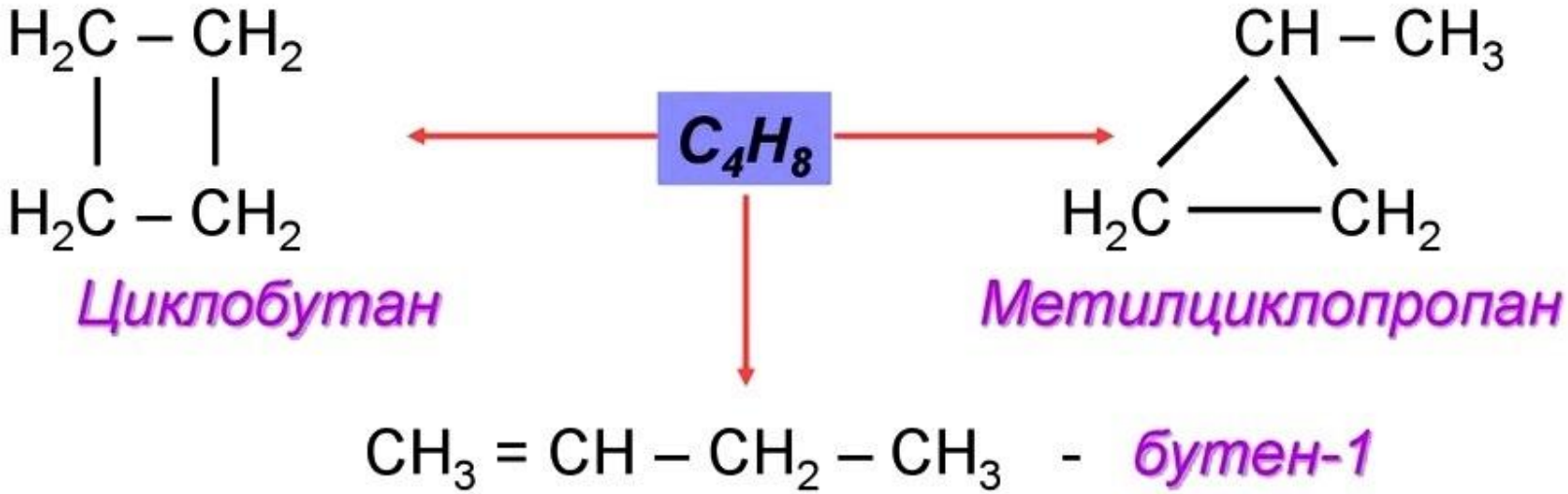
4 3 2 1

CH_3-CH=CH-CH_3

бутен-2

Межклассовая изомерия

АЛКЕНЫ ЯВЛЯЮТСЯ МЕЖКЛАССОВЫМИ ИЗОМЕРАМИ ЦИКЛОАЛКАНОВ

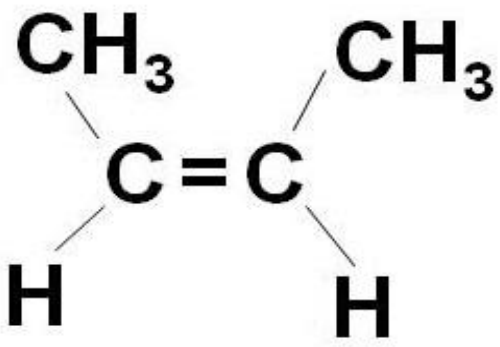


Циклобутан, метилциклопропан и бутен являются изомерами, т. к. отвечают общей формуле **C_4H_8**

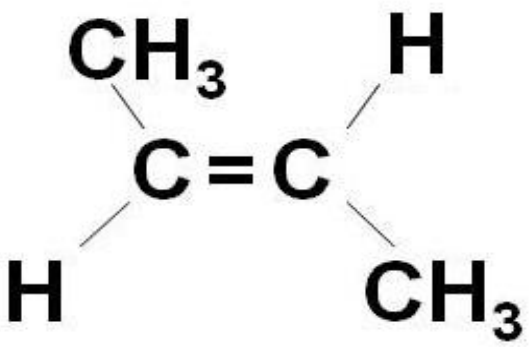
Геометрическая изомерия

$$CH_3 - CH = CH - CH_3$$

бутен-2



цис- бутен-2



транс- бутен-2

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.

$$C_6H_{14} \xrightarrow{600\ ^0C} C_2H_6 + C_4H_8$$

гексан — этан, бутен

$$C_6H_{14} \xrightarrow{600\ ^0C} C_3H_8 + C_3H_6$$

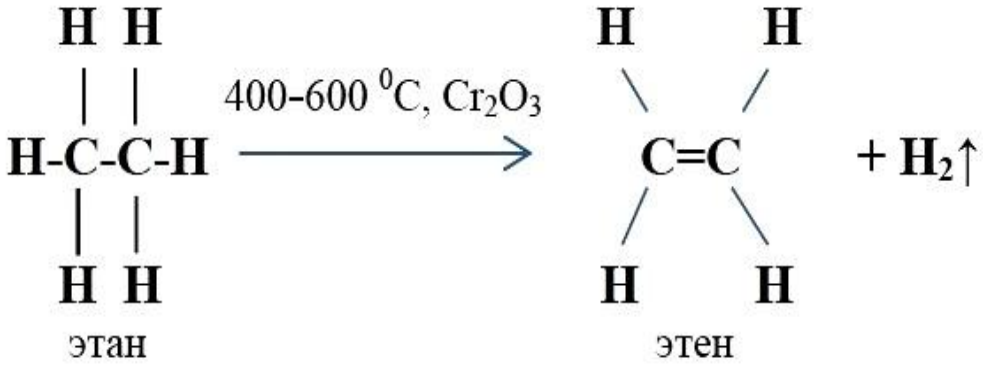
пропан, пропен

$$C_6H_{14} \xrightarrow{600\ ^0C} CH_4 + C_5H_{10}$$

метан, пентен

2. Дегидрирование алканов.

kat - Ni, Pt, Pd, Al_2O_3, Cr_2O_3, t = 400-600 ^0C



3. Дегидратация спиртов.

Гидратация/дегидратация - присоединение/отщепление молекул H_2O.

R-OH ⟵ общая формула предельных одноатомных спиртов

УВ радикал

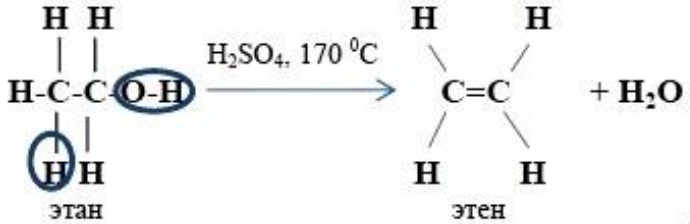
гидроксильная группа (функциональная группа класса)

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:

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

Структурно:



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

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

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

$$\underset{\text{пентанол-2}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH(OH)\text{-}CH_3} \xrightarrow{H_2SO_4,\ 170\ ^0C} \underset{\text{пентен-2}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3} + H_2O$$

4. Дегидрогалогенирование моногалогеналканов.

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

На моногалогеналкан действуют <u>спиртовым р-ром</u> щелочи, к-рый всегда отщепляет галогеноводород:

$$\underset{\text{хлорэтан}}{CH_2\text{-}CH_2\text{-}Cl} + KOH_{\text{спирт. р-р}} \xrightarrow{t} \underset{\text{этен}}{CH_2{=}CH_2} + KCl + H_2O$$

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

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

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

$$\underset{\text{2-хлорбутан}}{CH_3\text{-}CH(Cl)\text{-}CH_2\text{-}CH_3} + KOH_{\text{спирт. р-р}} \xrightarrow{t} \underset{\text{бутен-2}}{CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_2} + KCl + H_2O$$

5. Дегалогенирование дигалогеналканов.

Дегалогенирование/галогенирование - отщепление/присоединение молекул Cl_2 или Br_2. На дигалогеналканы, у которых галогены находятся у соседних атомов С, действуют металлическим Zn или Mg:

$$\underset{\substack{|\\ Br}}{CH_3\text{-}CH}\text{-}\underset{\substack{|\\ Br}}{CH}\text{-}CH_3 + Zn \xrightarrow{t} \underset{\text{бутен-2}}{CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_2} + ZnBr_2$$

2,3-дибромбутан

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКЕНОВ

Р-ЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ

1. Галогенирование.

$$CH_2{=}CH_2 + Br_2 \longrightarrow CH_2Br\text{-}CH_2Br$$

этен 1,2-дибромэтан

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

2. Гидрирование.

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

пропен пропан

3. Гидрогалогенирование.

$$CH_2{=}CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}Cl$$

этен хлорэтан

4. Гидратация.

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

этен — этиловый спирт

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

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

пропен — 2-хлорпропан

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

пропен — пропанол-2

Присоединение атомов Н 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)

5. Полимеризация.

Полимеризация - р-ция образования полимеров.

Полимеры - высокомолекулярные органические соединения, образующиеся из мономеров.

$$n(CH_2{=}CH_2) \longrightarrow (\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-})n$$

этилен (мономер) — полиэтилен (полимер)

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

Р-ЦИИ ОКИСЛЕНИЯ

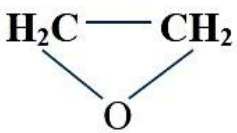
1. Полное окисление (горение).

$C_nH_{2n} + 1{,}5nO_2 \longrightarrow nCO_2 + nH_2O$ ⬅ 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 пермангагнатом калия ($KMnO_4$).

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

$$\underset{\text{этилен}}{CH_2{=}CH_2} + H_2O \xrightarrow{[O]} \underset{\text{этандиол (этиленгликоль)}}{CH_2(OH)-CH_2(OH)}$$

ур-е р-ции Вагнера в общем виде на примере этилена

$$\underset{\text{этилен}}{CH_2{=}CH_2} + KMnO_4 + H_2O \longrightarrow \underset{\text{этандиол}}{CH_2(OH)-CH_2(OH)} + \underset{\text{осадок черного цвета}}{MnO_2\downarrow} + KOH$$

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:

$$\underset{\text{бутен-2}}{CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3} + H_2O \xrightarrow{[O]\ t} \underset{\text{уксусная к-та}}{2CH_3\text{-}COOH}$$

ур-е р-ции жёсткого окисления алкенов в нейтр. или слабощ. среде в общем виде на примере бутена-2

$$\underset{\text{бутен-2}}{CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3} + KMnO_4 \xrightarrow{t} \underset{\text{уксусная к-та}}{CH_3\text{-}COOH} + MnO_2\downarrow + KOH \xrightarrow[\text{к-та вступает в р-цию с основанием}]{CH_3\text{-}COOH + KOH}$$

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

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

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

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

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

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

$$CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3 + H_2SO_4 \xrightarrow{[O]\ t} 2CH_3\text{-}COOH$$

бутен-2 уксусная к-та

ур-е р-ции жёсткого окисления алкенов в кислой среде в общем виде на примере бутена-2

$$CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \xrightarrow{t} CH_3\text{-}COOH + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

бутен-2 уксусная к-та

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \xrightarrow{t} CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH + CH_3\text{-}COOH + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

пентен-2 пропановая к-та уксусная к-та

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \xrightarrow{t} CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH + [H\text{-}COOH] + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

бутен-1 $CO_2\uparrow + H_2O$

$$[H\text{-}COOH] + H_2O \longrightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH + CO_2\uparrow + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

пропановая к-та

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

$$CH_3\text{-}\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}{=}CH_2\text{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \xrightarrow{t} CH_3\text{-}COOH + CH_3\text{-}CO\text{-}CH_3 + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

2-метилбутен-2 уксусная к-та пропанон