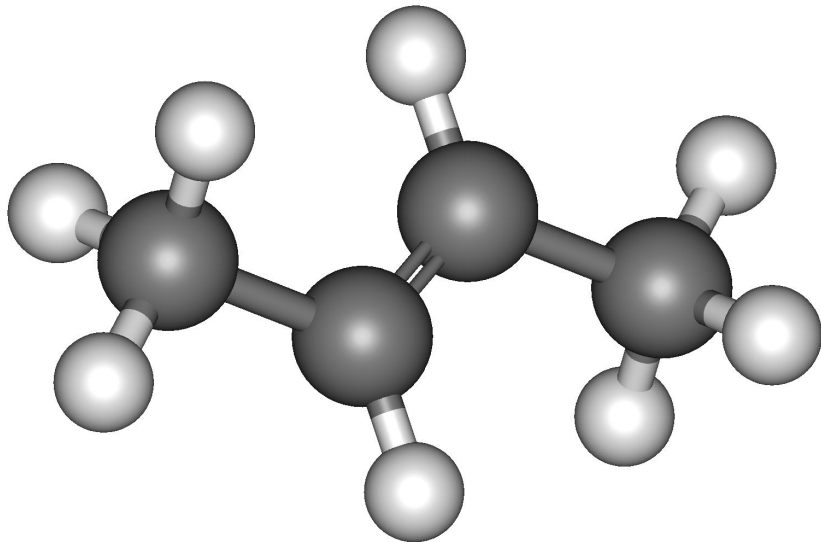
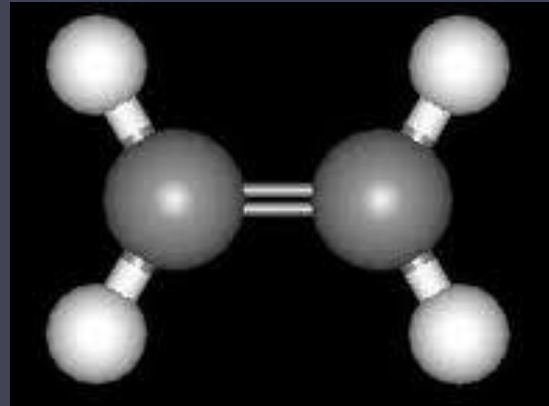
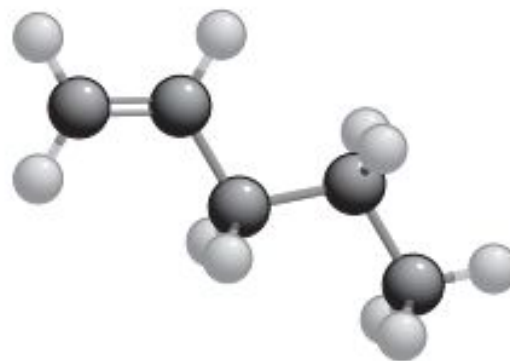
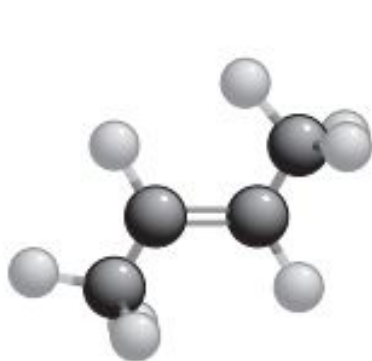
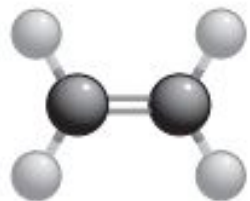


Алкены



Алкены (этиленовые углеводороды, олефины) - непредельные алифатические углеводороды, молекулы которых содержат двойную связь.

Гомологический ряд алкенов



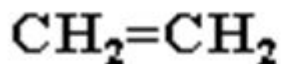
Алкены



- Алкены (этиленовые углеводороды, олефины) - непредельные алифатические углеводороды, молекулы которых содержат двойную связь.

Общая формула ряда алкенов $C_n H_{2n}$, где $n \geq 2$.

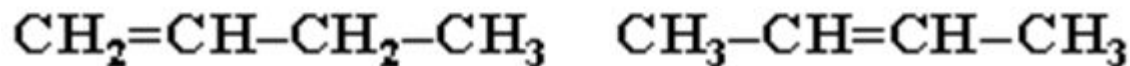
- Простейшие представители:



этен (этилен)

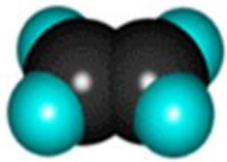


пропен

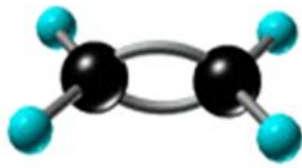


бутены

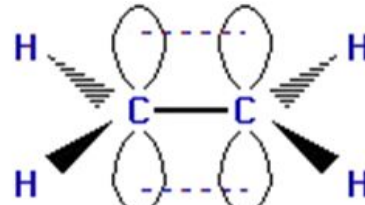
Электронное строение алкенов



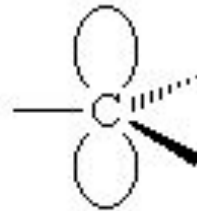
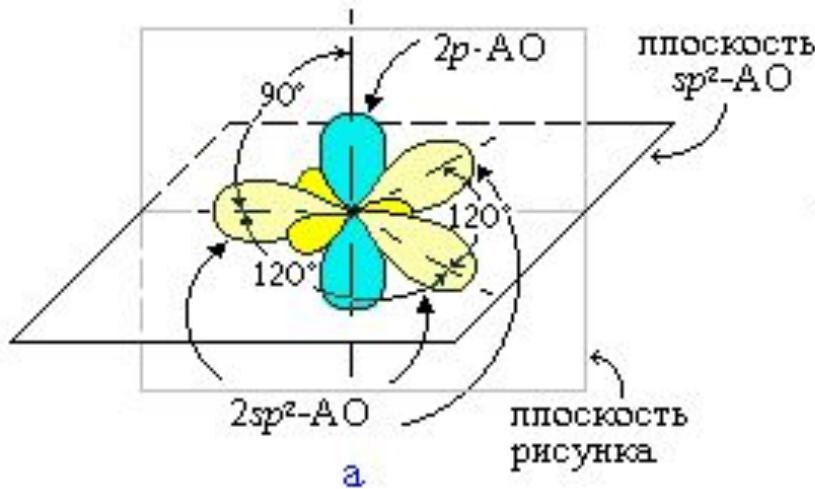
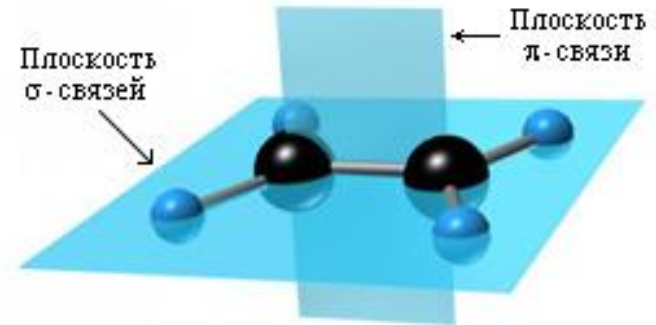
Масштабная модель



Шаростержевая



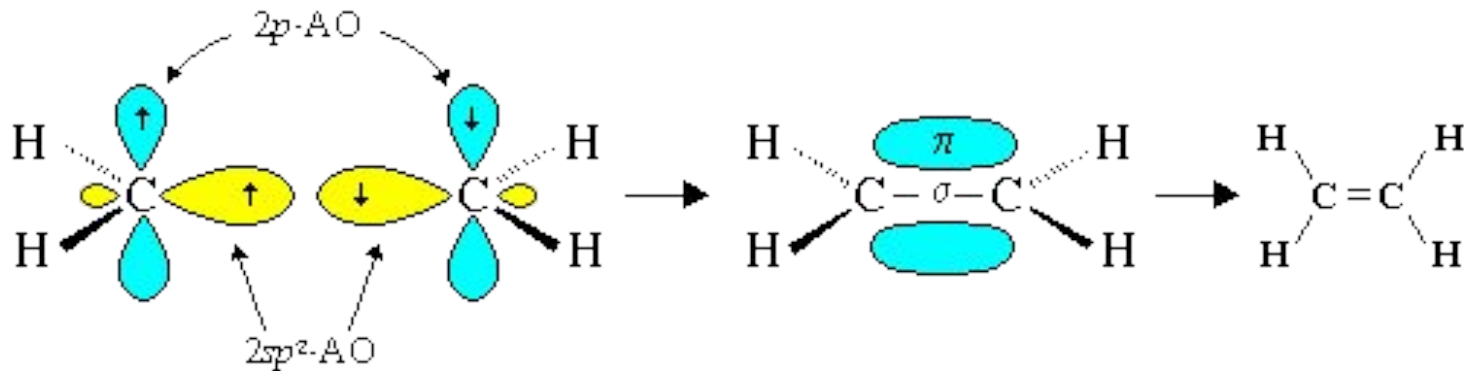
Атомно-орбитальная



б

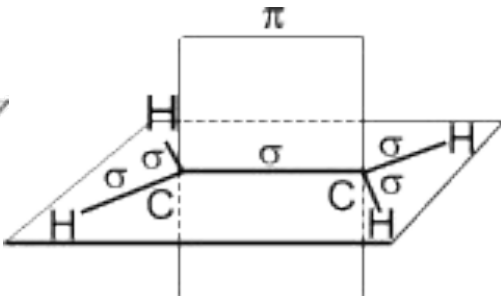
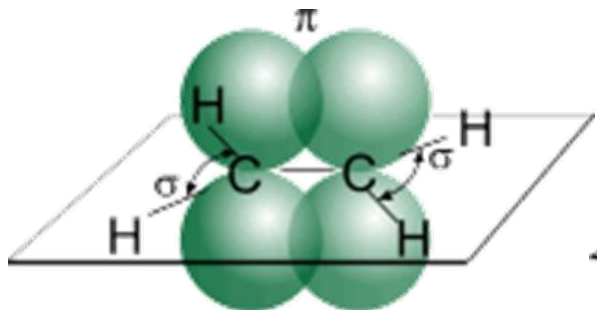
Атомы углерода при двойной связи находятся в sp^2 -гибридации и область двойной связи имеет плоскостное строение. Угол между гибридными валентными электронами на плоскости 120° .

Образование двойной связи C=C





σ -перекрывание



σ (сигма) – более прочная связь, образованная гибридными электронами и расположенная по линии, соединяющей центры атомов. Вторая связь - **π** (пи) – менее прочная, образована она боковым перекрыванием негибридных р-электронов и расположена выше и ниже линии, соединяющей центры атомов.

Энергия двойной C=C СВЯЗИ

Связь	Энергия, кДж/моль	Длина связи, нм
C-C	348	0,154
C=C	620	0,133

- $E_{\sigma+\pi}$ (энергия двойной связи) C=C ($\sigma + \pi$) 620 кДж/моль
- E_{σ} (энергия σ -связи) C-C 348 кДж/моль
- Отсюда E_{π} (энергия π -связи) 272 кДж/моль, т.е. E_{π} на 76 кДж/моль меньше E_{σ} .
- Поэтому для алкенов наиболее характерны реакции, протекающие за счет раскрытия менее прочной π -связи. При этом π -связь (в исходном алкене) преобразуется в σ -связь в продукте реакции. Исходное ненасыщенное соединение превращается в насыщенное без образования других продуктов, т.е. происходит реакция присоединения.

Повторим алкены: строение

- 1. Что называется длиной связи?

(Длина связи – это расстояние между центрами ядер связываемых атомов в молекуле.)

- 2. Что можно сказать о длине углерод-углеродной связи веществ с одинарной (C–C) и двойной (C=C) связью?

(Длина углерод-углеродной одинарной связи – 0,154 нм двойной связи – 0,133 нм, двойная связь прочнее и короче одинарной.)

- 3. Сколько σ -связей может возникнуть между атомами?

(Одна.)

- 4. Что можно сказать о прочности π -связи?

(Она менее прочная, чем одинарная σ -связь.)

- 5. Какая химическая связь образуется между гибридизированными облаками?

(Сигма.)

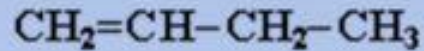
- 6. Сколько валентных электронов у атома углерода?

(Четыре.)

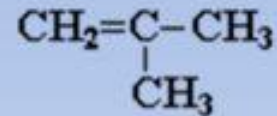
Изомерия алкенов

1) Структурная изомерия алкенов

1. Изомерия углеродного скелета (начиная с C₄H₈):

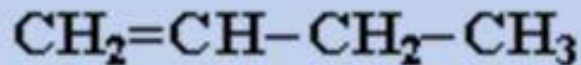


бутен-1

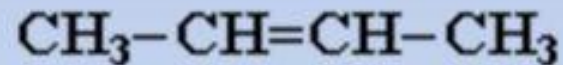


2-метилпропен

2. Изомерия положения двойной связи (начиная с C₄H₈):



бутен-1

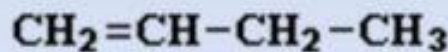
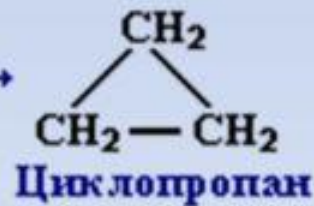
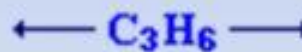


бутен-2

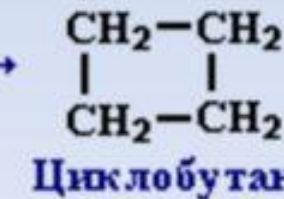
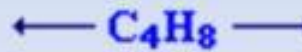
3. Межклассовая изомерия с циклоалканами, начиная с C₃H₆:



Пропен

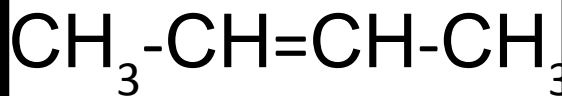
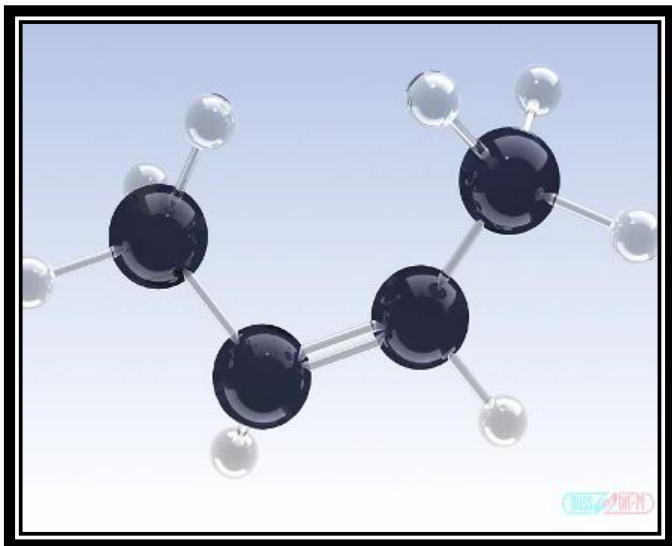


Бутен-1

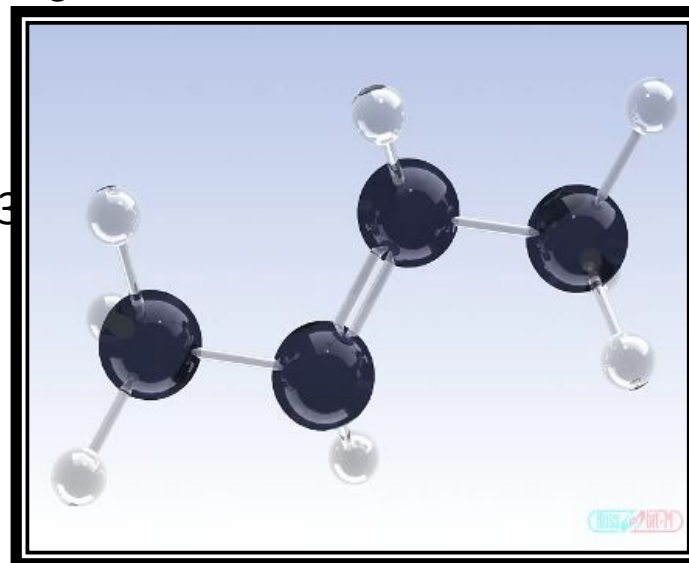


2) Геометрическая (пространственная) цис-транс-изомерия

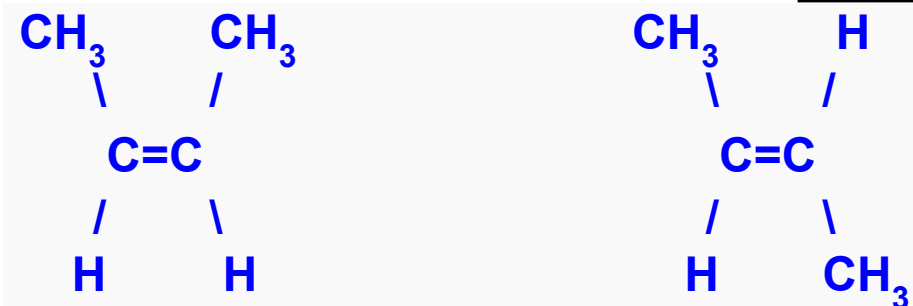
(начиная с бутена C_4H_8)



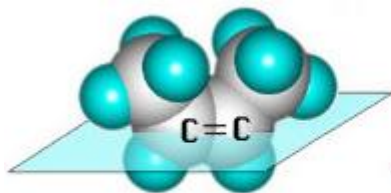
бутен-2



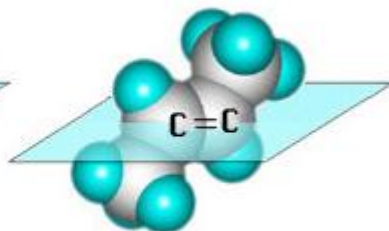
Цис-изомер
(Цис-бутен-2)



Транс-изомер
(Транс-бутен-2)

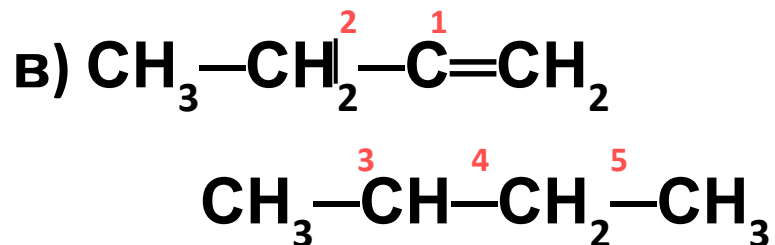
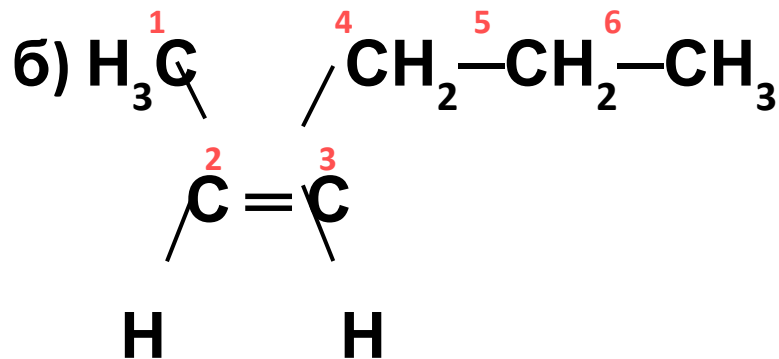
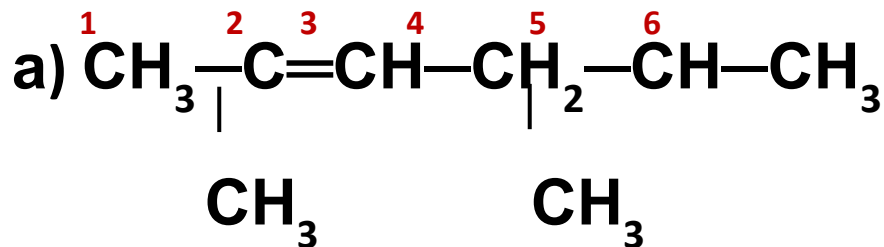


цис-изомер



транс-изомер

Назовите следующие алкены



Ответы:

а) 2,5-диметилгексен-2

б) цис-изомер-гексен-2

в) 3-метил-2-этилпентен-1

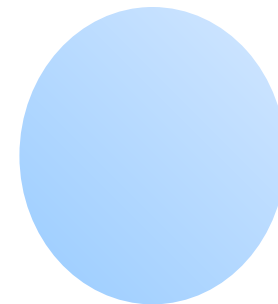
Физические свойства алкенов

Агрегатное состояние:

C_2H_4 — газобразные вещества;

C_4H_8 — жидкости;
 C_5H_{10}

C_6H_{12} — твердые вещества
 $C_{16}H_{32}$
 $C_{17}H_{34}$



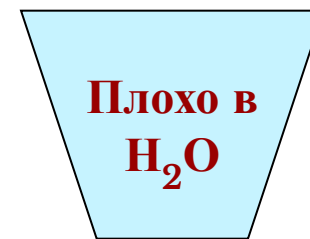
С увеличением молекулярной массы соединений температуры кипения и плавления закономерно повышаются.

Этилен C_2H_4

Г, 3 нефтяной, Д

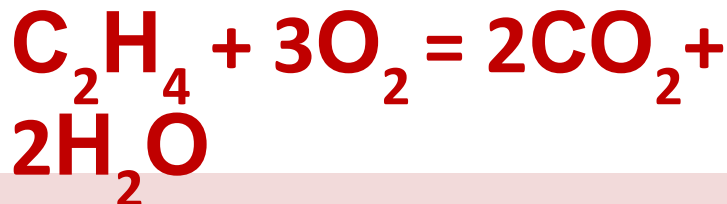
$T_{пл} = -169,2^{\circ}C$

$T_{кип} = -103,7^{\circ}C$



Химические свойства алкенов

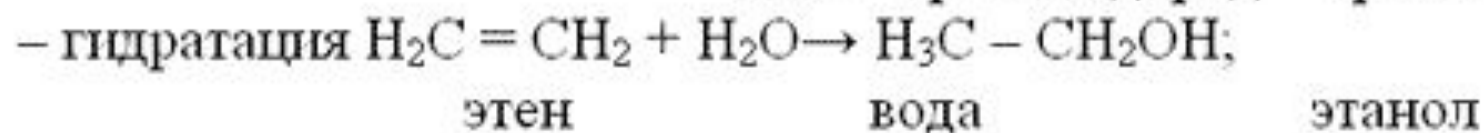
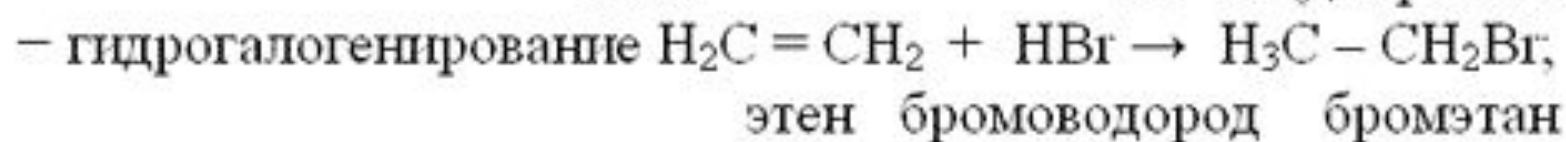
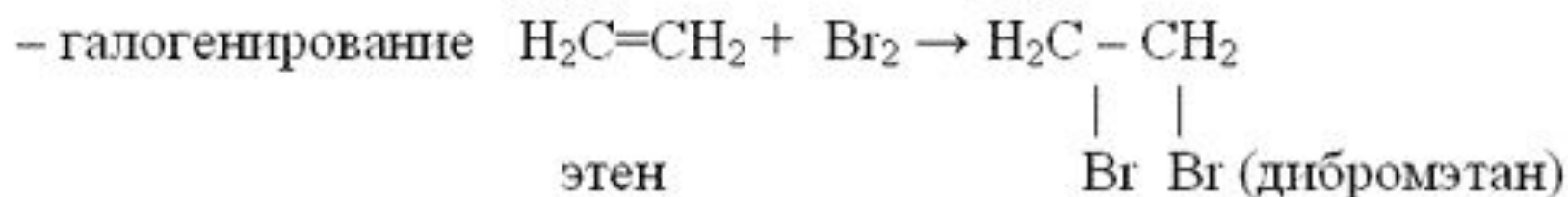
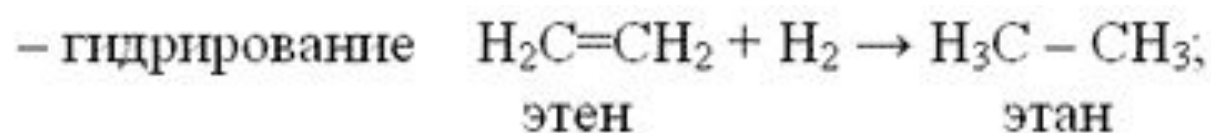
Алкены горят желтоватым пламенем, немного коптят



Алкены вступают в реакции

присоединения:

- 1) Гидрирование - *реакции с водородом*
- 2) Галогенирование – *реакции с галогенами*
- 3) Гидратация – *взаимодействие с водой*
- 4) Гидрогалогенирование – *реакции с галогеноводородами*

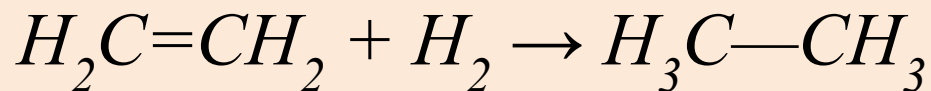


Химические свойства алкенов

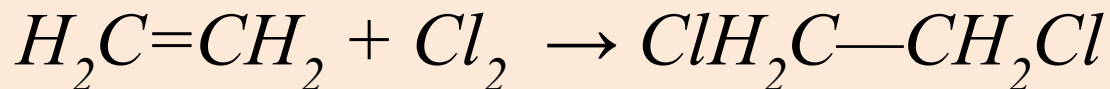
Алкен	Реагент	Продукт	Вид реакции
$\begin{array}{c} -\text{C}=\text{C}- \\ \quad \end{array}$	$+ \text{H}_2$	$\xrightarrow{\text{Ni}} \begin{array}{c} \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Гидрирование (восстановление)
$\begin{array}{c} -\text{C}=\text{C}- \\ \quad \end{array}$	$+ \text{Br}_2$	$\longrightarrow \begin{array}{c} \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array}$	Галогенирование (бромирование)
$\begin{array}{c} -\text{C}=\text{C}- \\ \quad \end{array}$	$+ \text{HCl}$	$\longrightarrow \begin{array}{c} \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$	Гидрогалогенирование (гидрохлорирование)
$\begin{array}{c} -\text{C}=\text{C}- \\ \quad \end{array}$	$+ \text{H}_2\text{O}$	$\xrightarrow{\text{H}^+} \begin{array}{c} \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{OH} \end{array}$	Гидратация
$n \left(\begin{array}{c} -\text{C}=\text{C}- \\ \quad \end{array} \right)$	$\xrightarrow{\text{катализатор}}$	$\left(\begin{array}{c} \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \end{array} \right)_n$	Полимеризация

Реакции присоединения

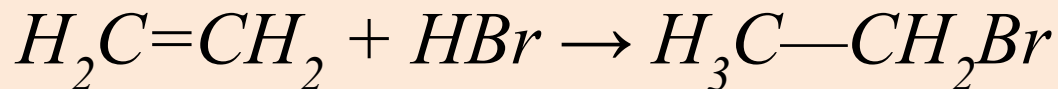
- Присоединение водорода:



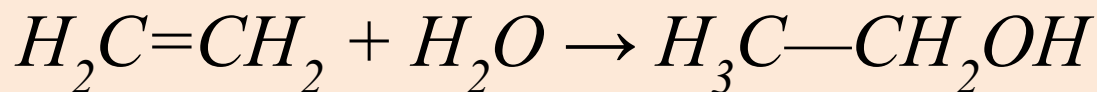
- Присоединение галогенов:



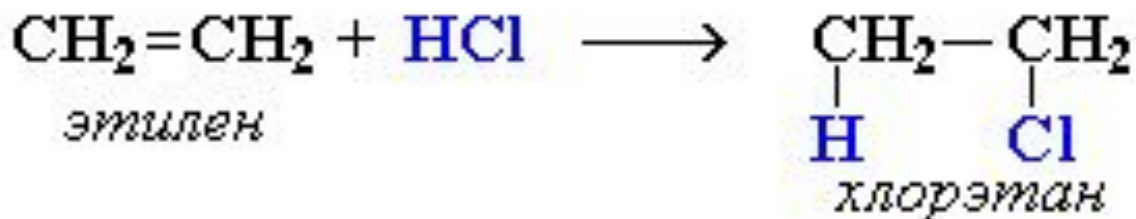
- Присоединение галогеноводородов:



- Присоединение воды (реакция гидратации):



Механизм реакции присоединения галогеноводородов к алкенам



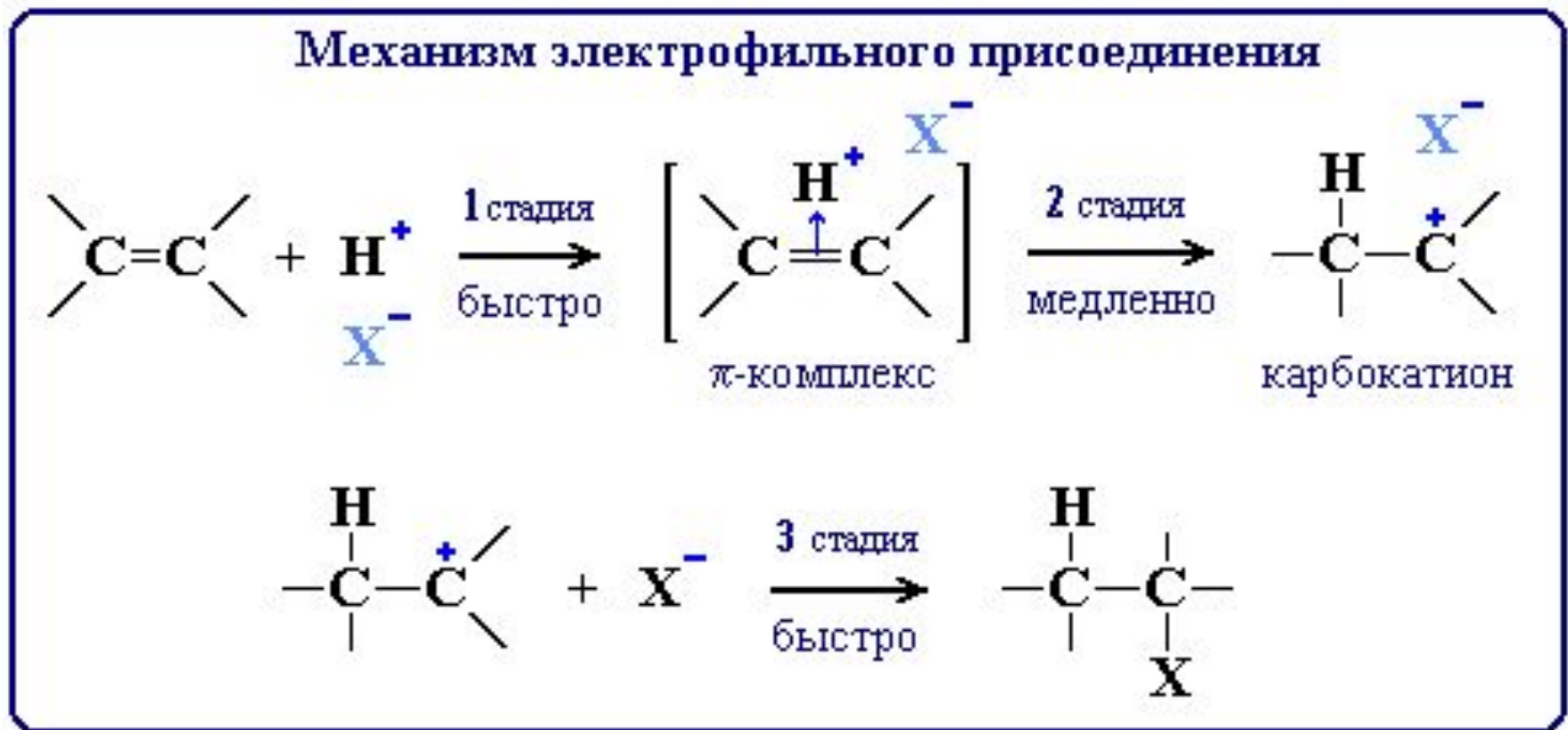
- Реакция идёт по **ионному механизму электрофильного присоединения**

с гетеролитическим (неравномерным) разрывом связей.

Электрофилом является протон H^+ в составе молекулы галогеноводорода HX (X – галоген).

Механизм реакции присоединения галогеноводородов к алкенам

- При химической реакции π -связь легко разрывается и по линии разрыва происходит присоединение атомов или групп атомов.

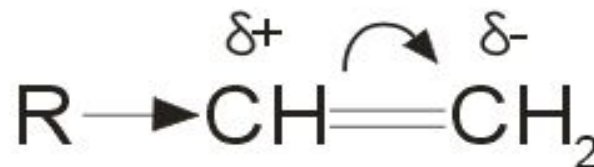


Правило Марковникова



Русский химик-органик.

- В реакциях присоединения **полярных молекул к несимметричным алкенам** водород присоединяется к более гидрированному атому углерода при двойной связи.



Реакция идет по ионному механизму.

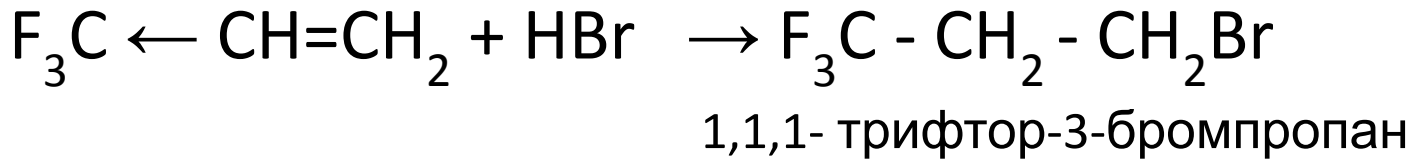


Важно:

Присоединение может происходить против правила Марковникова, если:

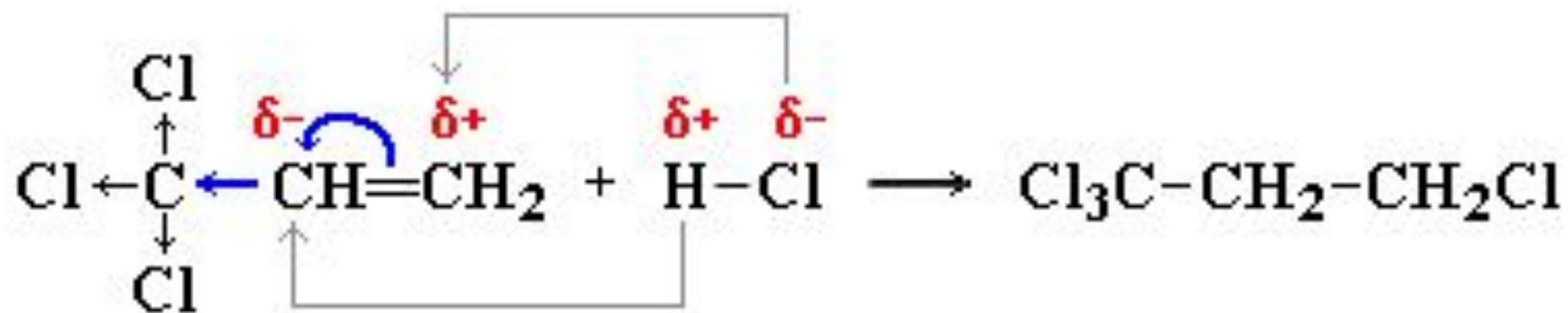
Исключения!!!

- 1) если в алкене присутствует электроноакцепторный заместитель, т.е. группа способная оттягивать на себя электронную плотность, т.к. обладает большей электроотрицательностью (например, атомы F, Cl, O):



- 2) Присоединение в присутствии H_2O_2 (эффект Хараша)

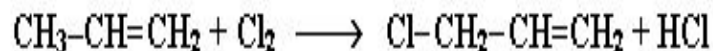
Присоединение против правила Марковникова



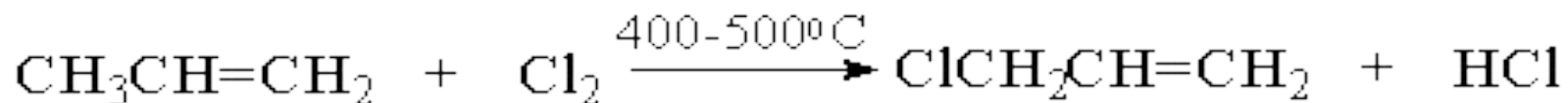
-I-эффект
группы CCl₃

При высоких температурах возможны реакции радикального замещения с галогенами

При нагревании до 500 °С возможно радикальное замещение атома водорода при соседнем к двойной связи атоме углерода:

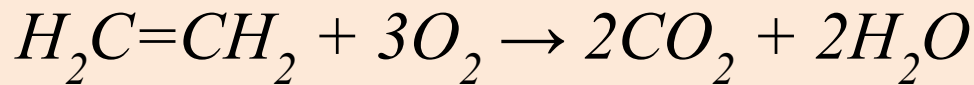


- **При высоких температурах** (более 400 °С) реакции **радикального присоединения**, носящие обратимый характер, подавляются.
- В этом случае становится возможным провести замещение атома водорода, находящегося в аллильном положении (соседнее при двойной связи) при этом двойная связь сохраняется.
- Реакция носит радикальный характер (радикальное замещение) и протекает аналогично хлорированию алканов.

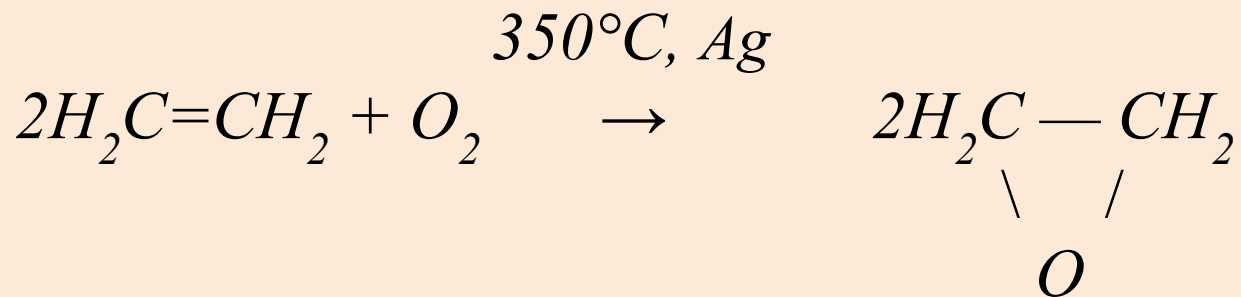


1) Реакции окисления кислородом воздуха

- 1) Полное окисление (горение):



- 2) Частичное окисление на катализаторе:



на серебряном катализаторе $2CH_2=CH_2 + O_2 \rightarrow 2CH_2-CH_2$ (оксид этилена)



В присутствии солей меди $2CH_2=CH_2 + O_2 \rightarrow 2CH_3CHO$ (уксусный альдегид).

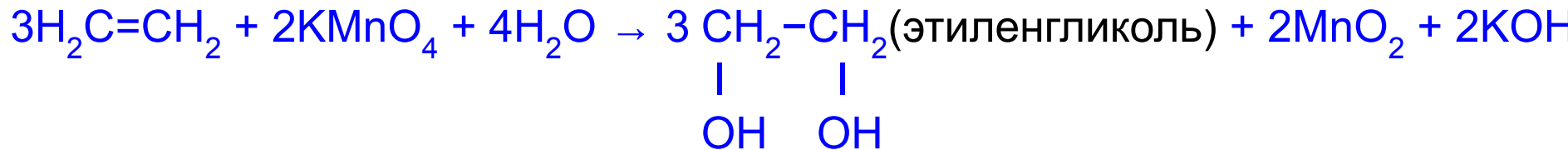
2) Окисление алкенов в мягких условиях

(без нагревания, нейтральная среда)

(Реакция Вагнера Е.Е.)

При окислении алкенов *разбавленным раствором перманганата калия* KMnO_4 при обычных условиях или на холоду, образуются *двухатомные спирты – гликоли*.

Это качественная реакция на алкены.

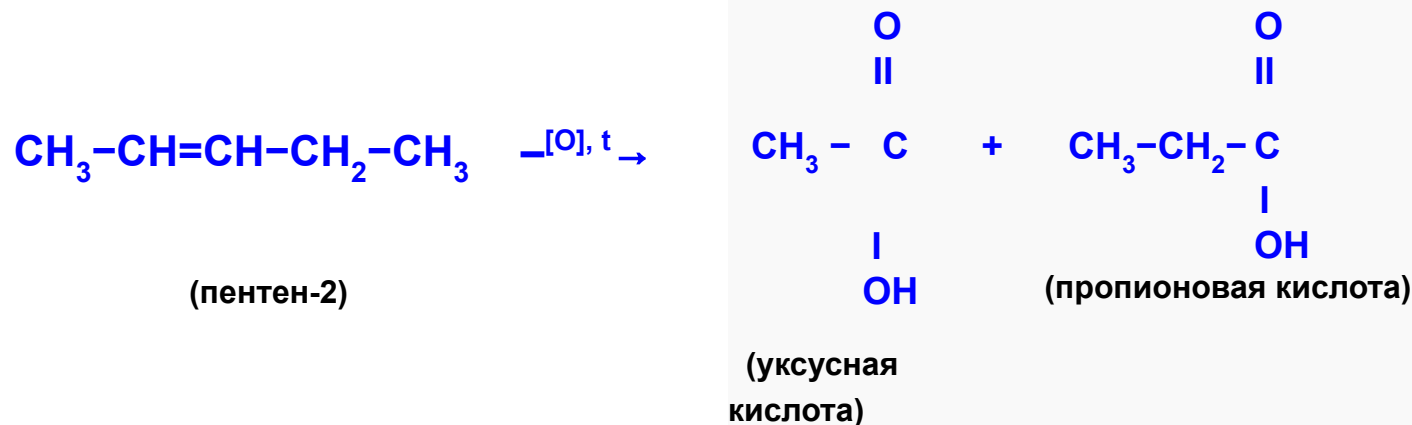


В результате реакции наблюдается **обесцвечивание раствора** перманганата калия.

Реакция Вагнера служит качественной пробой на двойную связь.

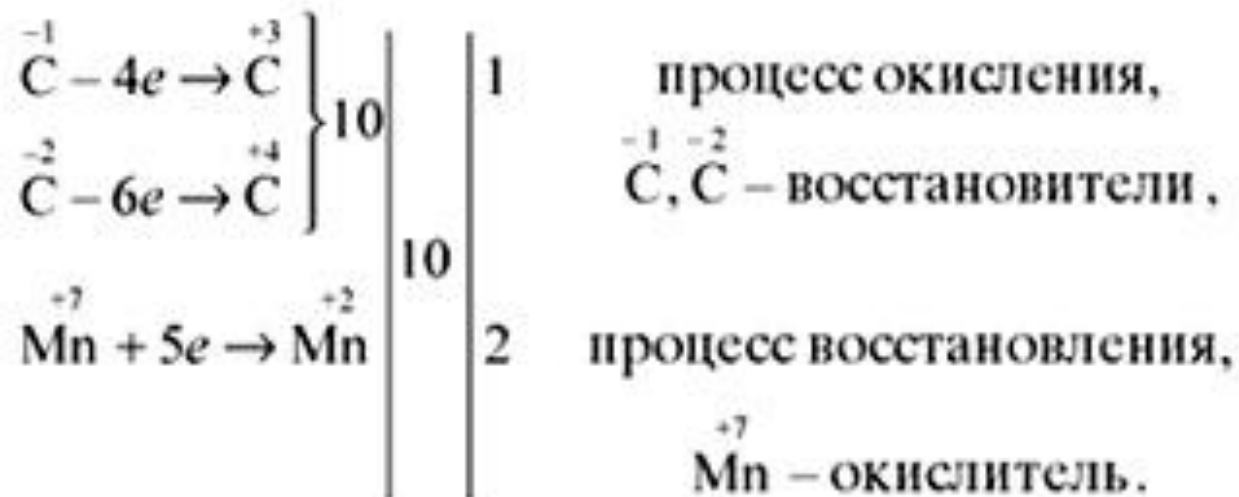
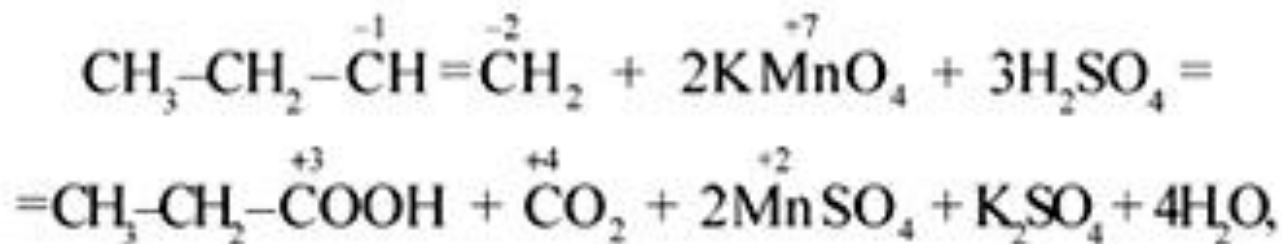
3) Окисление алкенов в жёстких условиях (нагревание, кислотная среда)

При **жестком окислении** алкенов кипящим раствором перманганата калия в кислой среде происходит полный разрыв двойной связи и образование кислот или кетонов.

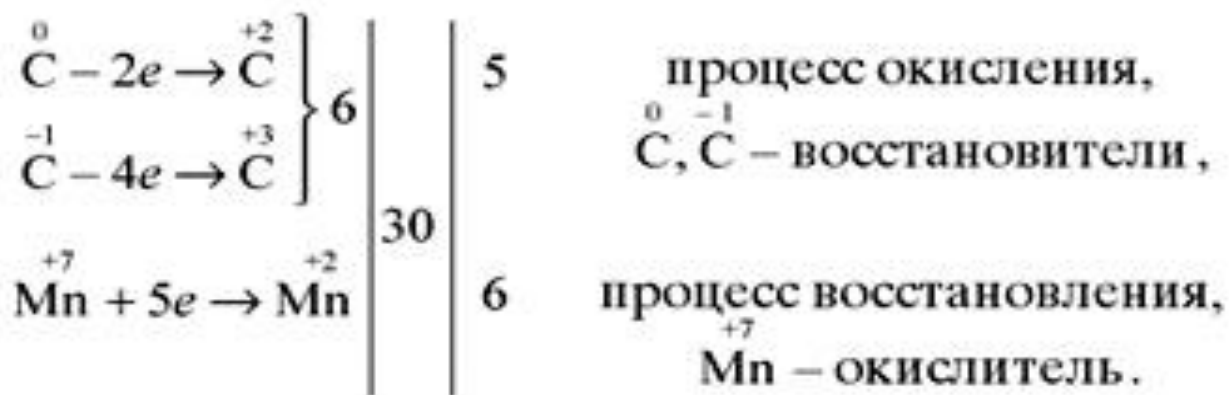
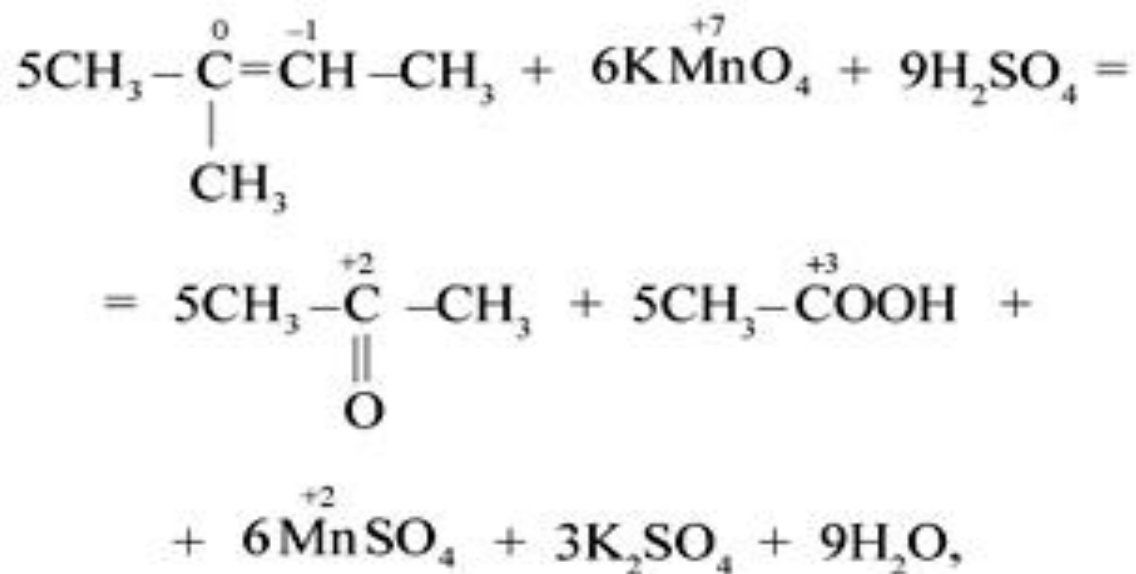


По образовавшимся продуктам (кислотам и кетонам) можно сделать заключение о строении и составе радикалов, связанных с этиленовой группировкой в исходном соединении.

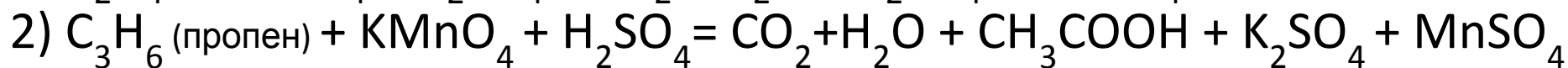
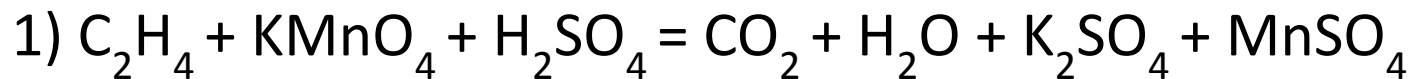
Окисление алкенов в жестких условиях



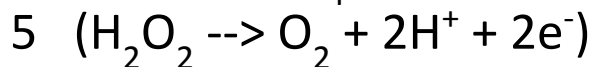
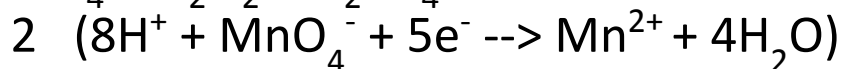
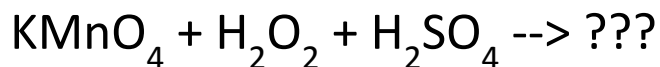
Окисление алкенов в жёстких условиях



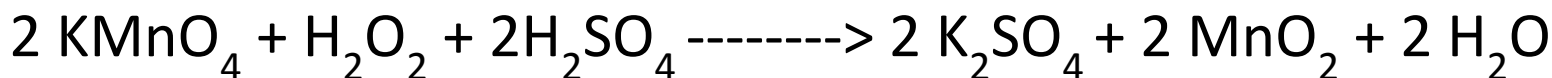
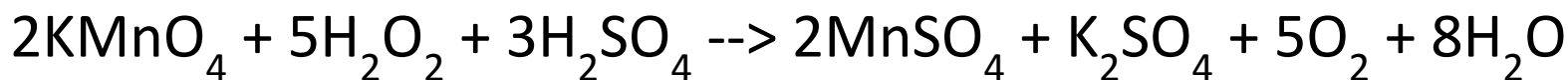
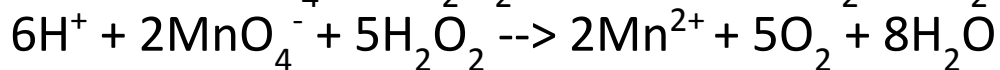
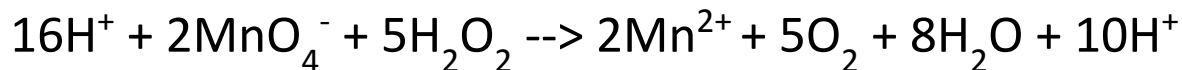
Разные случаи окисления алкенов в жёстких условиях



При окислении бутадиена в кислой среде разрыв будет по обоим двойным связям?

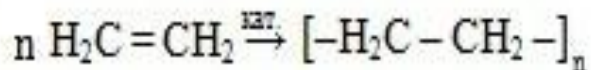
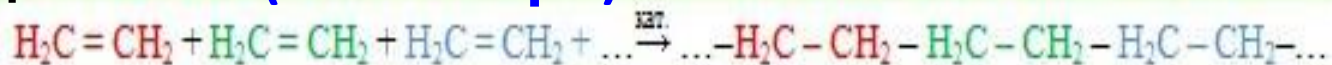


----- ...



Полимеризация алкенов

процесс образования высокомолекулярного соединения (**полимера**) путем соединения друг с другом молекул исходного низкомолекулярного соединения (**мономера**)

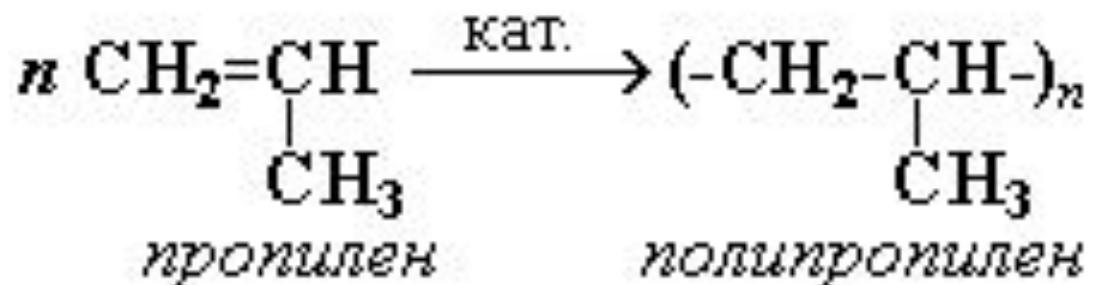
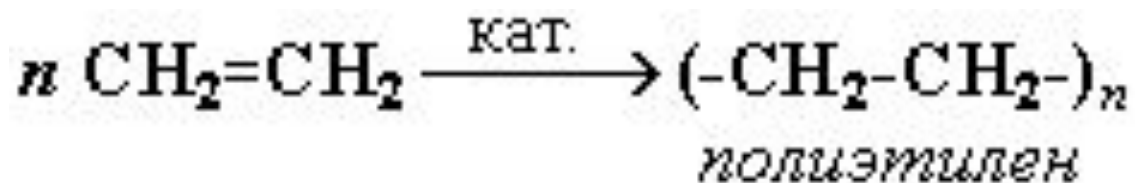


Где, n – число структурных звеньев в молекуле.

Исходное низкомолекулярное вещество, вступающее в реакцию полимеризации, называется **мономер**.

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

Полимеризация алкенов



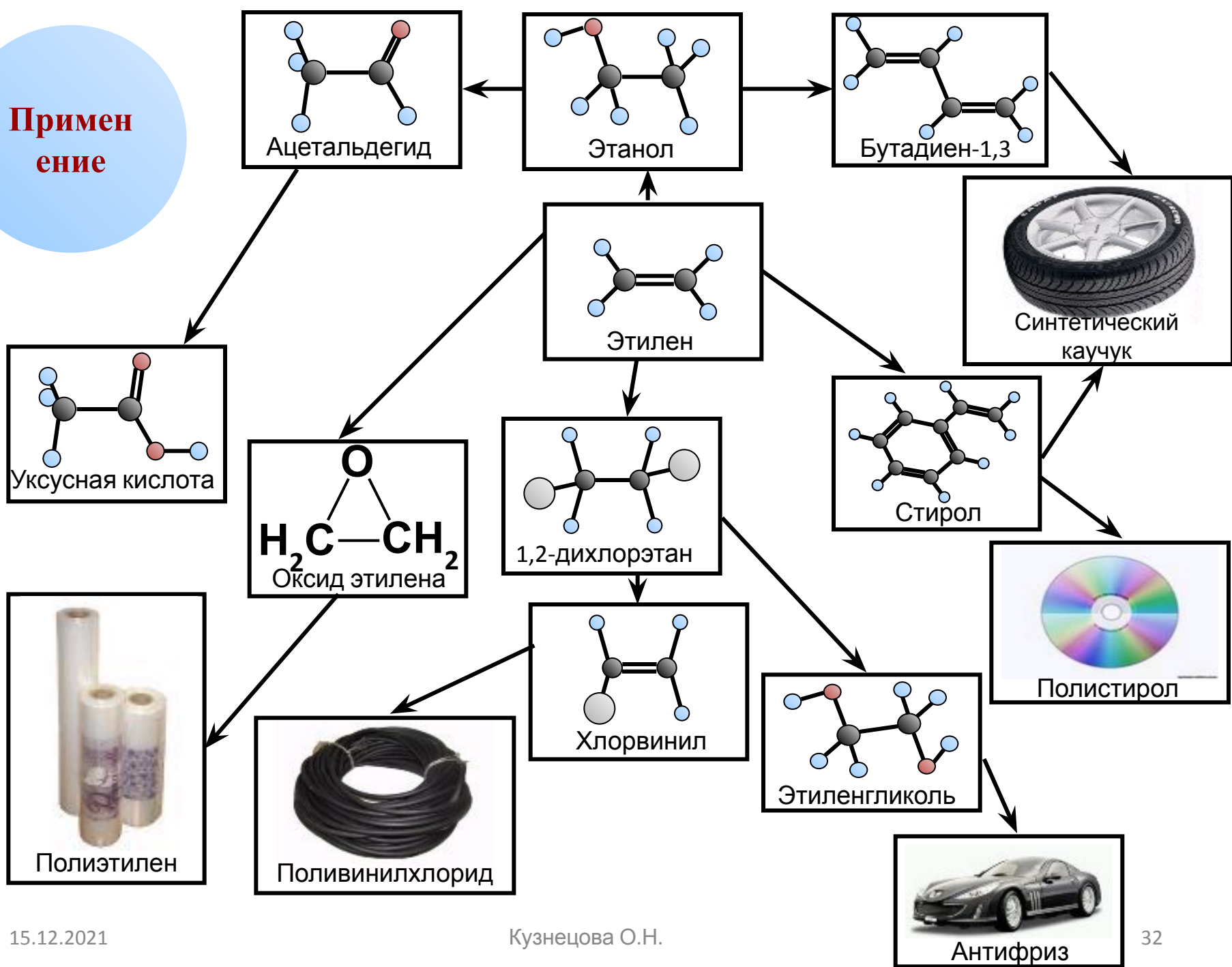
Химические свойства алкенов



Выводы:

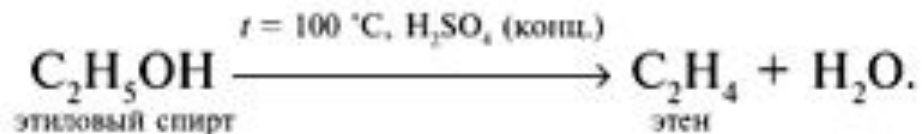
- Алкены – непредельные углеводороды, в молекулах которых имеется одна двойная связь. Атомы углерода находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Общая формула – $C_n H_{2n}$. В названии алкенов используется суффикс –ен.
- Для алкенов характерны: изомерия углеродной цепи, изомерия положения двойной связи, пространственная (геометрическая) и изомерия между классами.
- Алкены обладают большой химической активностью. За счёт наличия π -связи алкены вступают в реакции присоединения, окисления, полимеризации.

Применение

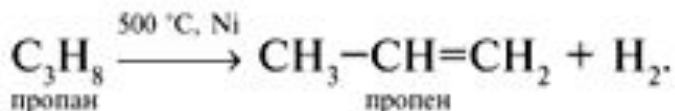
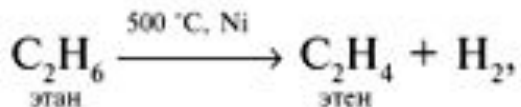
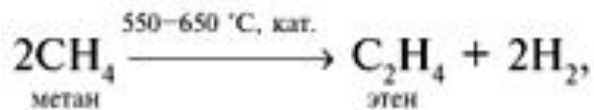


Получение алкенов

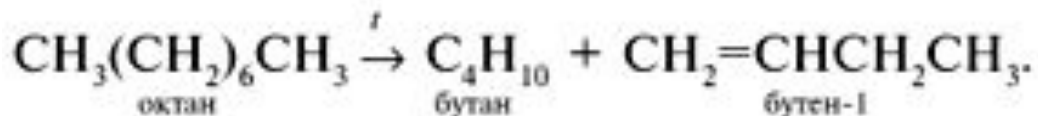
1) Дегидратация спиртов:



2) Дегидрирование алканов:

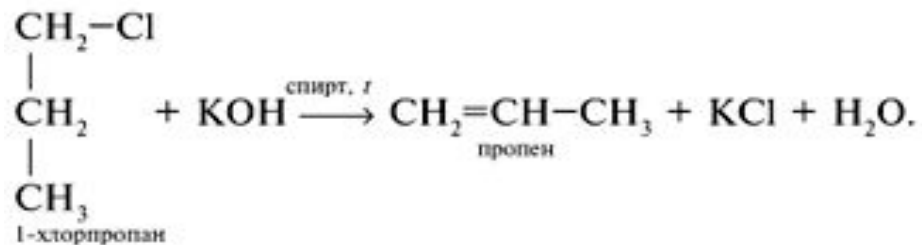
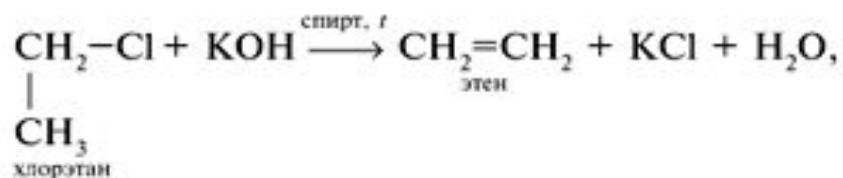
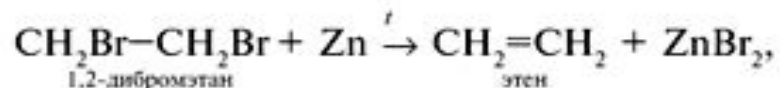
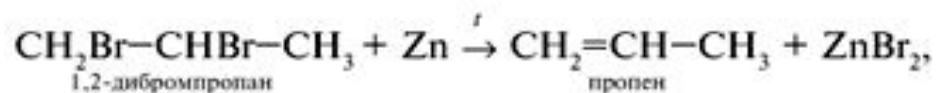


3) Пиролиз и крекинг нефти и природного газа:



4) Из галогенопроизводных алканов:

4) Из галогенопроизводных алканов:



Применение алкенов

Свойство	Уравнение	Применение
1. Полимеризация	$n\text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$	Производство пластмасс.
2. Алкилирование	$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \rightarrow$ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	В качестве моторного топлива
3. Галогенирование и гидрогалогенирование	$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$	Растворитель
	$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Cl}$	Местная анестезия, растворитель, в с/х для обеззараживания зернохранилищ.
4. Гидратация	$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}$	Растворитель, в медицине.ю в производстве синтетического каучука
5. Окисление [O] р-ром KMnO4	$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + [\text{O}] + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$	Получение антифризов, тормозных жидкостей, в производстве пластмасс.
6. Особые свойства этилена этилен-регулятор роста растений	$\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{P}(\text{OH})_2=\text{O} \rightarrow$ $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HCl}$	Препарат «этрел» (1946г. М.И. Кабачник и П.А. Российская) попадая в растение разлагается с выделение этилена, ускоряет созревание плодов.

Тестовое задание № 1:

- 1. Ациклические углеводороды, в молекулах которых содержится одна двойная связь, называются
А) алканы Б) алкены В) алкины Г) арены.
- 2. Для алкенов характерна изомерия
А) углеродного скелета Б) положения кратной связи
В) геометрическая Г) все ответы верны.
- 3. Формула 2,3-диметилпентена-1
А) $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ Б) $\text{CH}_3-\overset{\text{H}_3\text{C}}{\text{C}}=\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
В) $\text{CH}_3-\underset{\text{H}_3\text{C}}{\text{CH}}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ Г) $\text{CH}_2=\overset{\text{H}_3\text{C}}{\text{C}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

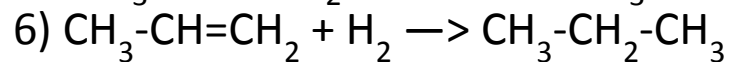
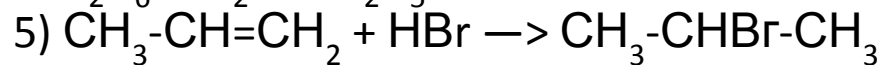
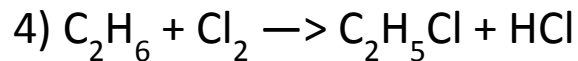
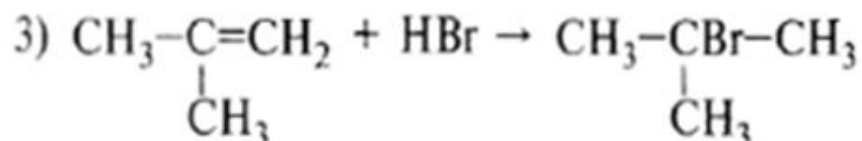
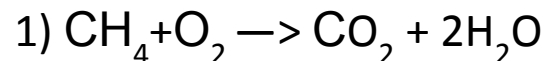
Тестовое задание № 2:

- 1. Реакция присоединения водорода называется
А) гидрирование *Б) гидрогалогенирование*
В) гидратация *В) дегидрирование*
- 2. В реакции бромирования пропена образуется
А) 1,3-дибромпропан *Б) 1-бромпропан*
В) 2-бромпропан *Г) 1,2-дибромпропан*
- 3. Сумма коэффициентов в уравнении горения пропена равно:
А) 11 *Б) 15* *В) 21* *Г) 23*
- 4. При гидрогалогенировании алкенов атом водорода присоединяется к ... гидрированному атому углерода, а атом галогена – к ... гидрированному.
А) более *Б) менее*

Тестовое задание № 3:

- 1. Бутен можно получить крекингом:
А) бутана Б) пентана В) гексана Г) октана
- 2. Какие признаки характеризуют физические свойства этена: 1) бесцветная жидкость, 2) имеет резкий запах, 3) бесцветный газ, 4) немного легче воздуха, 5) почти без запаха, 6) плохо растворим в воде, 7) не горит, 8) с воздухом образует взрывоопасные смеси?
А) 3,4,5,6,8 Б) 1,2,6,7 В) 2,3,4,6,8 Г) 3,4,6,8
- 3. Плотность паров алкена по водороду равна 49. Массовая доля углерода в нём – 85,71%, массовая доля водорода – 14,29%. Молекулярная формула этого углеводорода
А) C_5H_{10} Б) C_6H_{12} В) C_7H_{14} Г) C_8H_{16}

4. По ионному механизму протекают реакции, уравнения которых:



Взаимодействие пропена с хлором на свету

- 1) относится к реакции присоединения
- 2) протекает по радикальному механизму
- 3) протекает с разрывом σ -связи
- 4) протекает в соответствии с правилом Марковникова
- 5) приводит к образованию 3-хлорпропена
- 6) является каталитической реакцией

--	--	--

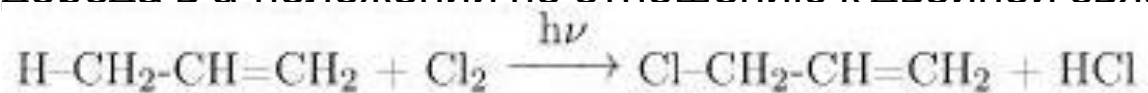
Взаимодействие пропена с хлором на свету

- 1) относится к реакции присоединения
- 2) протекает по радикальному механизму
- 3) протекает с разрывом β -связи
- 4) протекает в соответствии с правилом Марковникова
- 5) приводит к образованию 3-хлорпропена
- 6) является каталитической реакцией

--	--	--

Решение.

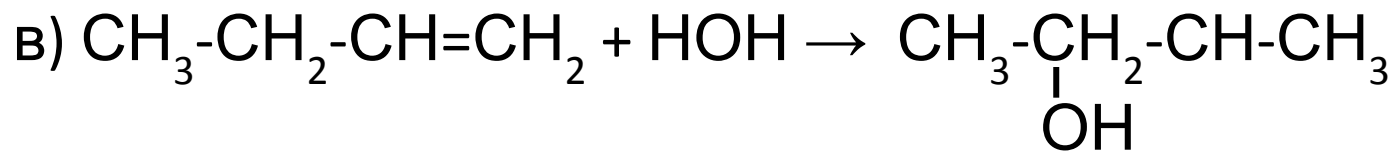
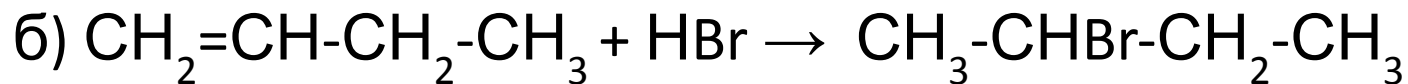
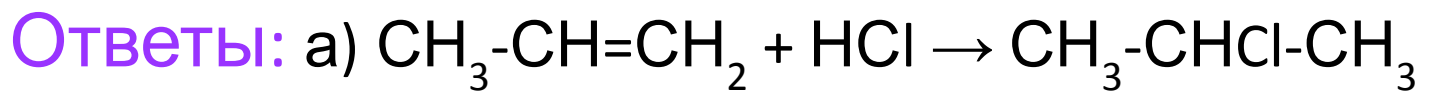
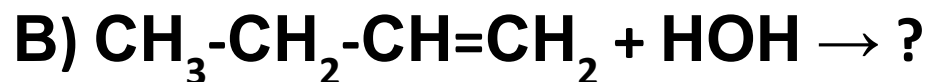
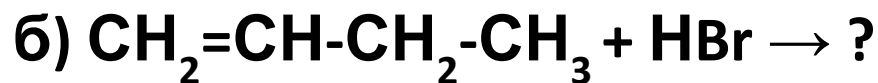
Взаимодействие пропена с хлором на свету (реакция Львова) - реакция замещения водорода в α -положении по отношению к двойной связи.



Реакция протекает по радикальному механизму, с разрывом β -связи. Продуктами реакции являются хлороводород и 3-хлорпропен

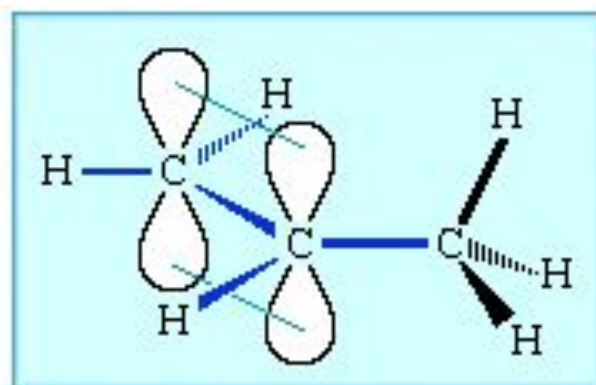
Ответ: 235

Используя правило Марковникова, напишите уравнения следующих реакций присоединения:



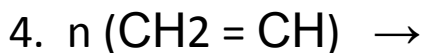
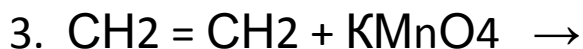
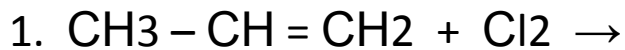
Составьте уравнения реакций:

- а) пропена с хлороводородом,
- б) пентена-1 с бромом,
- в) полимеризации этилена.

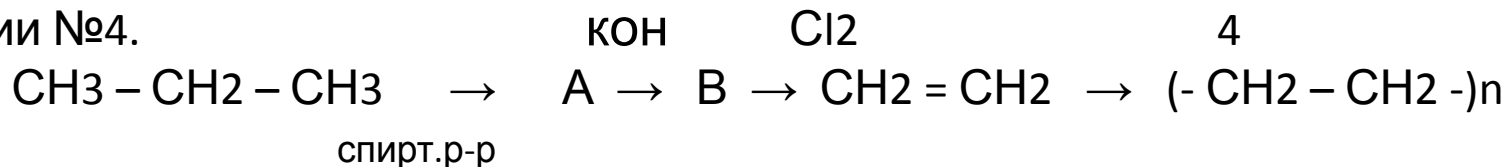


Итоговый контроль

I. Укажите продукты реакции и тип реакции:



II. Укажите вещество В и укажите тип реакции №4. Дайте название продукта реакции №4.



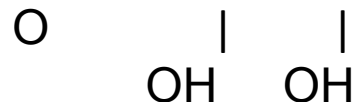
III. Напишите уравнение реакции полимеризации пропилена.

IV. Как бутены -1 и -2 реагируют с галогеноводородами? Подтвердите соответствующими уравнениями реакций.

V. Осуществите цепочку превращений:



Дайте названия продуктам реакций.



Алкены в природе

В природе ациклические алкены практически не встречаются. Простейший представитель

этого класса органических соединений — этилен (C_2H_4) — является гормоном для растений и

в незначительном количестве в них синтезируется.

Один из немногих природных алкенов — мускалур (цис-трикозен-9) является ключевым аттрактантом самки домашней мухи (*Musca domestica*).

Низшие алкены в высоких концентрациях обладают наркотическим эффектом. Высшие члены ряда также вызывают судороги и раздражение оболочек дыхательных путей.

Отдельные представители:

Этилен — вызывает наркоз, обладает раздражающим и мутагенным действием.

Пропилен — вызывает наркоз (сильнее, чем этилен), оказывает общетоксическое и мутагенное действие.

Бутен-2 — вызывает наркоз, обладает раздражающим действием.



Лабораторный опыт: Получить этилен и изучить его свойства

Инструкция по получению этилена и опытов с ним

- 1. Поместите в пробирку 2 мл концентрированной серной кислоты, 1 мл спирта и небольшое количество песка.
- 2. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой и нагрейте в пламени спиртовки.
- 3. Выделяющийся газ пропустите через раствор с перманганатом калия. Обратите внимание на изменение цвета раствора.
- 4. Подожгите газ у конца газоотводной трубки. Обратите внимание на цвет пламени.
– алкены горят светящимся пламенем. (Почему?)
$$\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

(при полном окислении продуктами реакции являются углекислый газ и вода)
- Качественная реакция: «мягкое окисление (в водном растворе)»
– алкены обесцвечивают раствор перманганата калия (реакция Вагнера)
- При более жёстких условиях в кислой среде продуктами реакции могут быть карбоновые кислоты, например (в присутствии кислот):
$$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + 4[\text{O}] \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{HCOOH}$$
- – каталитическое окисление.