



# АЛКЕНЫ

НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ РЯДА  
ЭТИЛЕНА

# ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ

- ПОНЯТИЕ О НЕПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДАХ.
- ХАРАКТЕРИСТИКА ДВОЙНОЙ СВЯЗИ.
- ИЗОМЕРИЯ И НОМЕНКЛАТУРА АЛКЕНОВ.
- ПОЛУЧЕНИЕ АЛКЕНОВ.
- СВОЙСТВА АЛКЕНОВ.

# 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

$$M(C_xH_y) = 56 \text{ г/моль}$$

$$m(C_xH_y) = 56 \text{ г}$$

$$m(C) = 48 \text{ г}$$

$$m(H) = 8 \text{ г}$$

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

$$\text{Ответ: } C_4H_8$$

## Задача 3

$$M(C_xH_y) = 56 \text{ г/моль}$$

$$m(C_xH_y) = 11,2 \text{ г}$$

$$n(CO_2) = 0,8 \text{ моль}$$

$$n(H_2O) = 0,8 \text{ моль}$$

$$n(C) = 0,8 \text{ моль}$$

$$n(H) = 1,6 \text{ моль}$$

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

Простейшая формула  $CH_2$

Истинная –  $C_4H_8$

$$\text{Ответ: } C_4H_8$$

## Задача 2

$$M(C_xH_y) = 70 \text{ г/моль}$$

$$n(H) = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(C) = 0,05 \text{ моль}$$

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

Простейшая формула  $CH_2$

Истинная –  $C_5H_{10}$

$$\text{Ответ: } C_5H_{10}$$

# ПОНЯТИЕ ОБ АЛКЕНАХ

- **АЛКЕНЫ** – УГЛЕВОДОРОДЫ, СОДЕРЖАЩИЕ В МОЛЕКУЛЕ ОДНУ ДВОЙНУЮ СВЯЗЬ МЕЖДУ АТОМАМИ УГЛЕРОДА, А КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ВЫРАЖАЕТСЯ ОБЩЕЙ ФОРМУЛОЙ  $C_N H_{2N-2}$ , ГДЕ  $N \geq 2$ .
- **Алкены** относятся к непредельным углеводородам, так как их молекулы содержат меньшее число атомов водорода, чем насыщенные.

# ХАРАКТЕРИСТИКА ДВОЙНОЙ СВЯЗИ (C = C)

• ВИД ГИБРИДИЗАЦИИ –

$sp^2$

• ВАЛЕНТНЫЙ УГОЛ –

$120^\circ$

• ДЛИНА СВЯЗИ C = C –

0,134 нм

• СТРОЕНИЕ –

плоскостное

• ВИД СВЯЗИ –

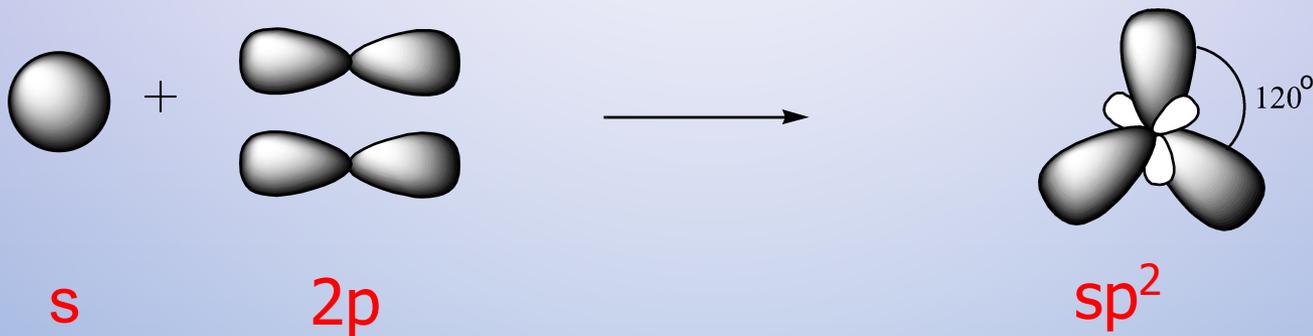
• ПО ТИПУ ПЕРЕКРЫВАНИЯ –

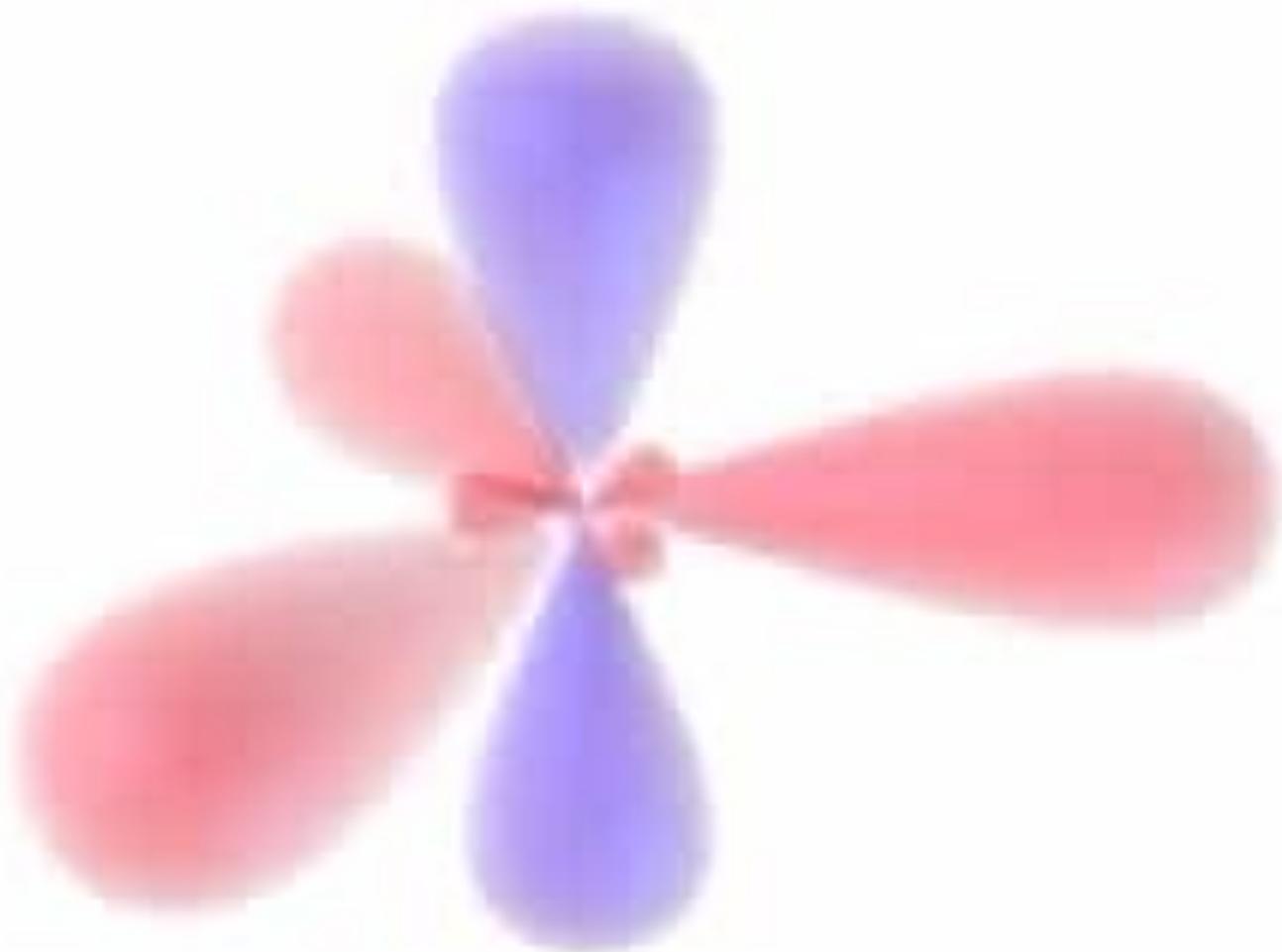
ковалентная неполярная

$\sigma$  и  $\pi$

# СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ $sp^2$ -ГИБРИДНЫХ ОРБИТАЛЕЙ

- В ГИБРИДИЗАЦИИ УЧАСТВУЮТ ОРБИТАЛИ ОДНОГО  $s$ - И ДВУХ  $p$ -ЭЛЕКТРОНОВ:





# ГОМОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД АЛКЕНОВ

Общая формула  $C_n H_{2n}$

- ЭТЕН —  $C_2H_4$
- ПРОПЕН —  $C_3H_6$
- БУТЕН —  $C_4H_8$
- ПЕНТЕН —  $C_5H_{10}$
- ГЕКСЕН —  $C_6H_{12}$
- ГЕПТЕН —  $C_7H_{14}$

# ИЗОМЕРИЯ АЛКЕНОВ

ДЛЯ АЛКЕНОВ ВОЗМОЖНЫ ДВА ТИПА ИЗОМЕРИИ:

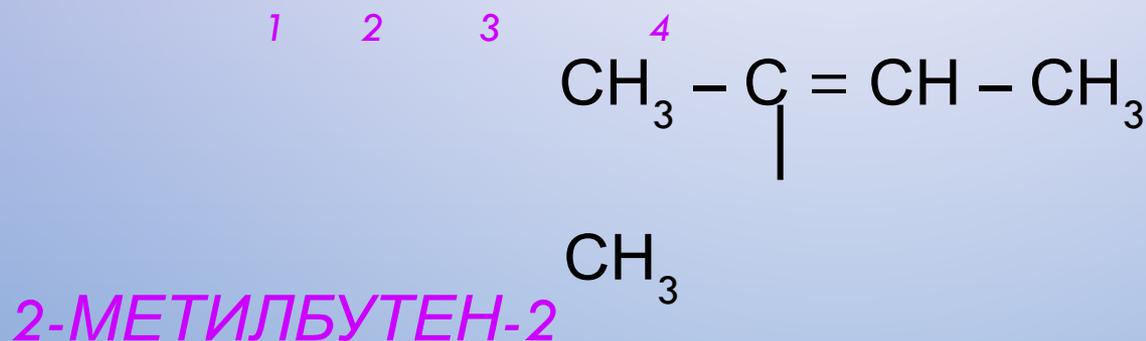
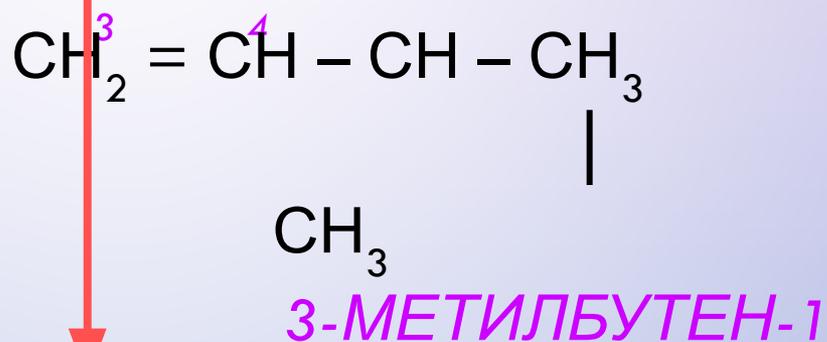
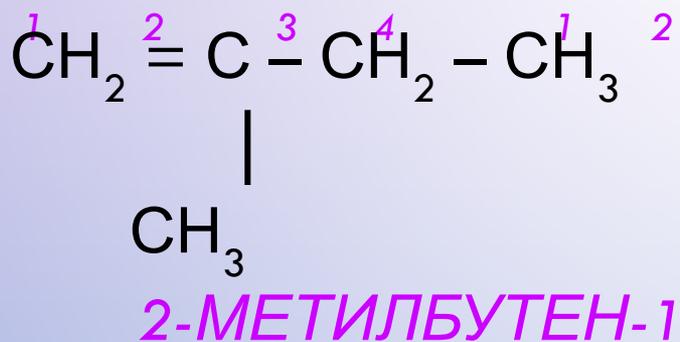
**1-ЫЙ ТИП – СТРУКТУРНАЯ ИЗОМЕРИЯ:**

- 1) УГЛЕРОДНОГО СКЕЛЕТА
- 2) ПОЛОЖЕНИЯ ДВОЙНОЙ СВЯЗИ
- 3) МЕЖКЛАССОВАЯ

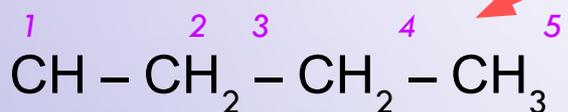
**2-ОЙ ТИП – ПРОСТРАНСТВЕННАЯ  
ИЗОМЕРИЯ:**

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ

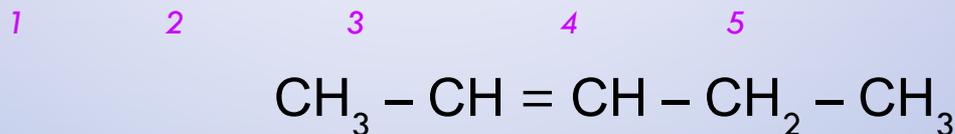
# ПРИМЕРЫ ИЗОМЕРОВ УГЛЕРОДНОГО СКЕЛЕТА



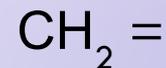
# ПРИМЕРЫ ИЗОМЕРОВ ПОЛОЖЕНИЯ ДВОЙНОЙ СВЯЗИ ( $C_5H_{10}$ )



*ПЕНТЕН-1*

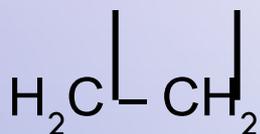
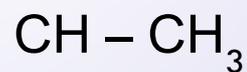
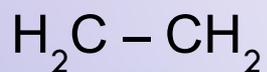


*ПЕНТЕН-2*

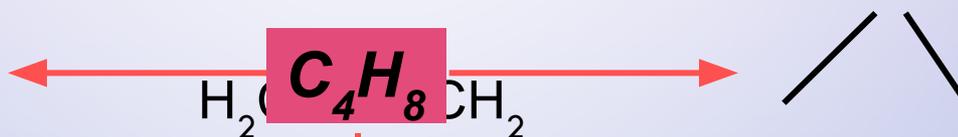


# МЕЖКЛАССОВАЯ ИЗОМЕРИЯ

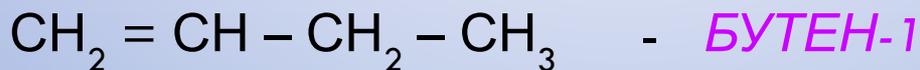
- АЛКЕНЫ ЯВЛЯЮТСЯ МЕЖКЛАССОВЫМИ ИЗОМЕРАМИ ЦИКЛОАЛКАНОВ.



ЦИКЛОБУТАН



МЕТИЛЦИКЛОПРОПАН

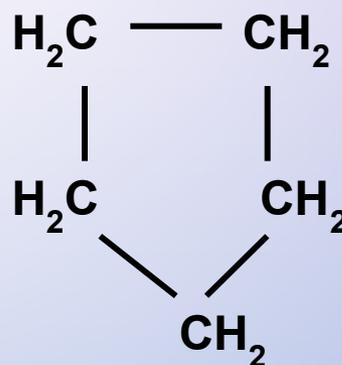


ЦИКЛОБУТАН И МЕТИЛЦИКЛОПРОПАН ЯВЛЯЮТСЯ ИЗОМЕРАМИ БУТЕНА, Т. К. ОТВЕЧАЮТ ОБЩЕЙ ФОРМУЛЕ  $\text{C}_4\text{H}_8$

# ПРИМЕРЫ МЕЖКЛАССОВЫХ ИЗОМЕРОВ



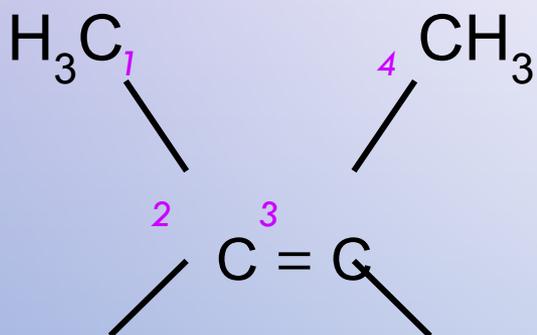
*пентен -1*



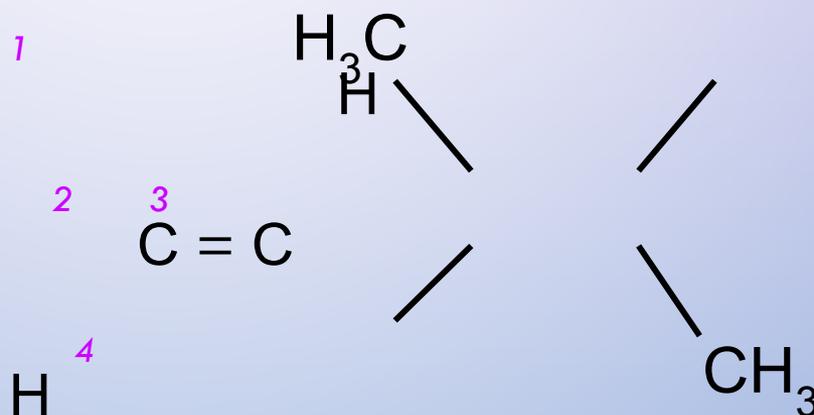
*циклопентан*

# ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗОМЕРИЯ (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>)

ДЛЯ АЛКЕНОВ ВОЗМОЖНА ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗОМЕРИЯ, ПОСКОЛЬКУ ВРАЩЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ДВОЙНОЙ СВЯЗИ, В ОТЛИЧИИ ОТ ОДИНАРНОЙ НЕВОЗМОЖНО.

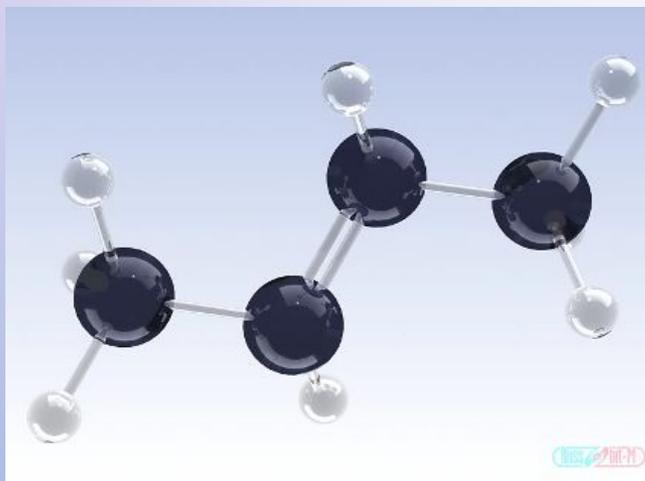


ЦИС-БУТЕН-2

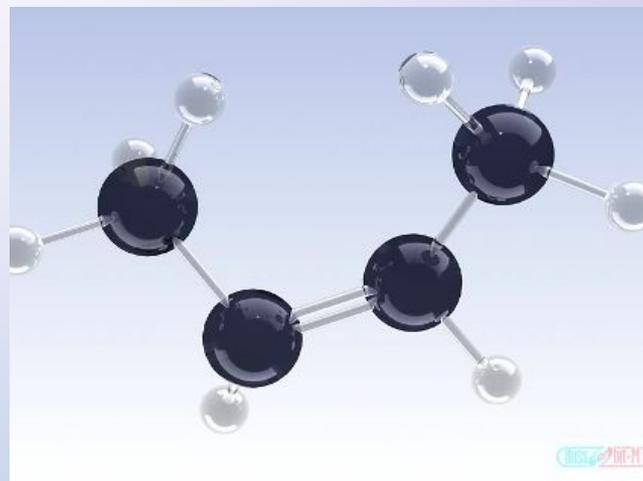


ТРАНС-БУТЕН-2

# ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗОМЕРЫ БУТЕНА



*Транс-изомер*



*Цис-изомер*



# ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКЕНОВ

- АЛКЕНЫ ПЛОХО РАСТВОРИМЫ В ВОДЕ, НО ХОРОШО РАСТВОРЯЮТСЯ В ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЯХ.
- $C_2 - C_4$  - ГАЗЫ
- $C_5 - C_{16}$  - ЖИДКОСТИ
- $C_{17} \dots$  - ТВЁРДЫЕ ВЕЩЕСТВА
- С УВЕЛИЧЕНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ АЛКЕНОВ, В ГОМОЛОГИЧЕСКОМ РЯДУ, ПОВЫШАЮТСЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КИПЕНИЯ И ПЛАВЛЕНИЯ, УВЕЛИЧИВАЕТСЯ ПЛОТНОСТЬ

# 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.

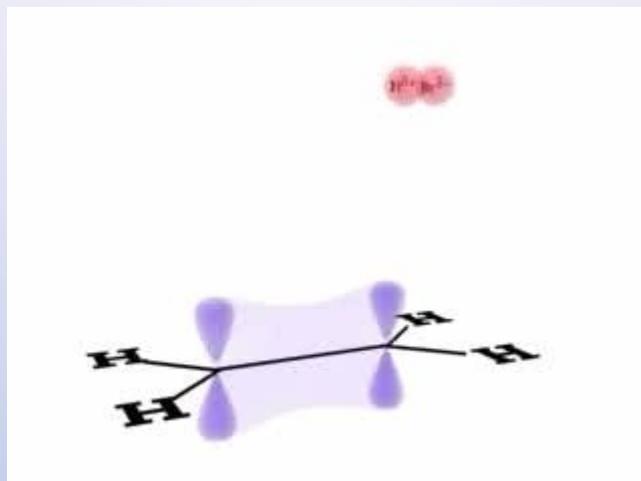
# ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ, КОТОРЫЕ ХАРАКТЕРНЫ ДЛЯ АЛКЕНОВ

- РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ.
- РЕАКЦИИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ.
- РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ.

# МЕХАНИЗМ РЕАКЦИЙ ПРИСОЕДИНЕНИЯ АЛКЕНОВ

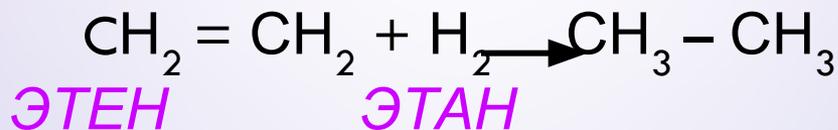
- П-СВЯЗЬ ЯВЛЯЕТСЯ ДОНОРОМ ЭЛЕКТРОНОВ, ПОЭТОМУ ОНА ЛЕГКО РЕАГИРУЕТ С ЭЛЕКТРОФИЛЬНЫМИ РЕАГЕНТАМИ.
- ЭЛЕКТРОФИЛЬНОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ: РАЗРЫВ П-СВЯЗИ ПРОТЕКАЕТ ПО ГЕТЕРОЛИТИЧЕСКОМУ МЕХАНИЗМУ, ЕСЛИ АТАКУЮЩАЯ ЧАСТИЦА ЯВЛЯЕТСЯ ЭЛЕКТРОФИЛОМ.
- СВОБОДНО-РАДИКАЛЬНОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ: РАЗРЫВ СВЯЗИ ПРОТЕКАЕТ ПО ГОМОЛИТИЧЕСКОМУ МЕХАНИЗМУ, ЕСЛИ АТАКУЮЩАЯ ЧАСТИЦА ЯВЛЯЕТСЯ РАДИКАЛОМ.

# ГИДРОГАЛОГЕНИРОВАНИЕ ЭТИЛЕНА



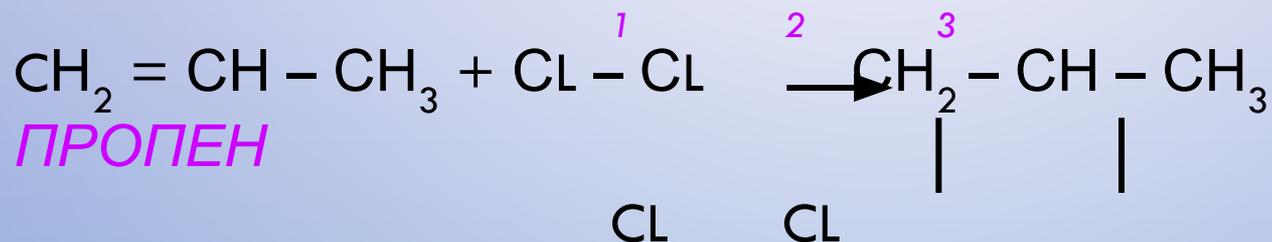
# РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ

## 1. ГИДРИРОВАНИЕ.



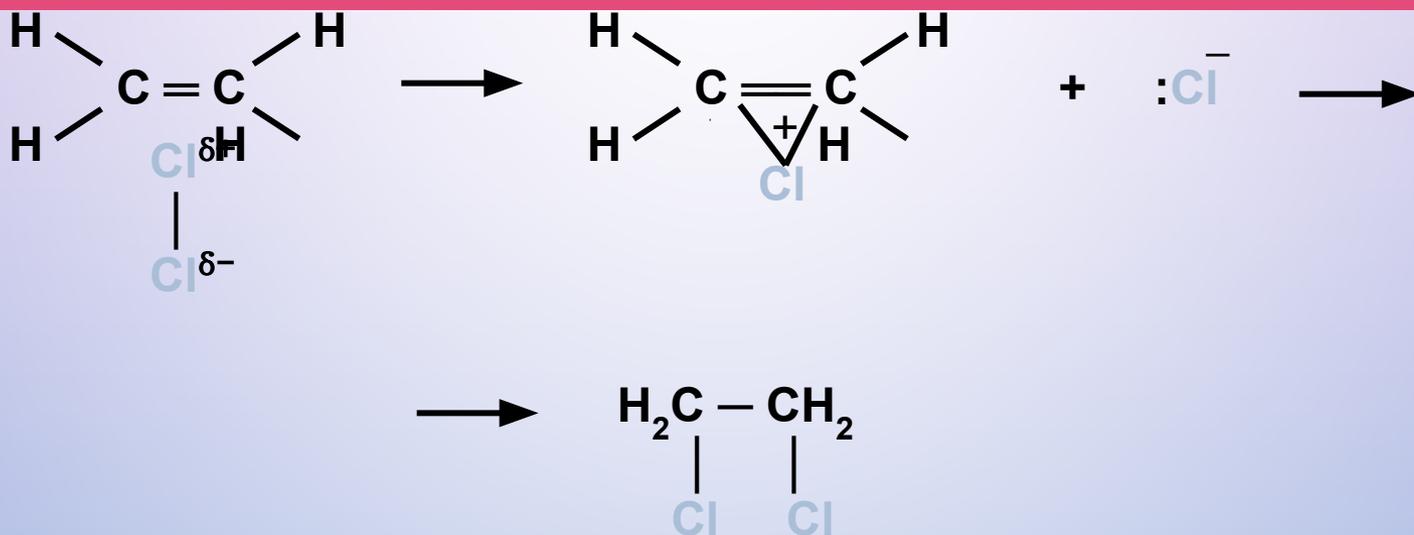
УСЛОВИЯ РЕАКЦИИ: КАТАЛИЗАТОР – NI, PT, PD

## 2. ГАЛОГЕНИРОВАНИЕ.



РЕАКЦИЯ ИДЁТ ПРИ ОБЫЧНЫХ УСЛОВИЯХ.

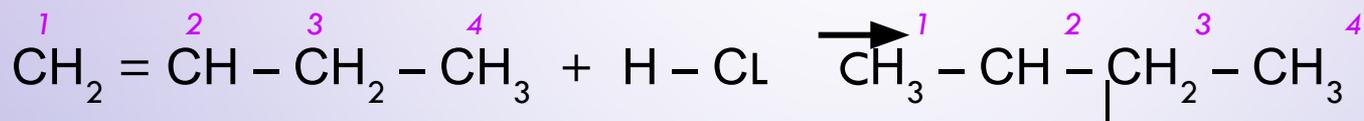
# ЭЛЕКТРОФИЛЬНОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ



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

# РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ

## 3. ГИДРОГАЛОГЕНИРОВАНИЕ.

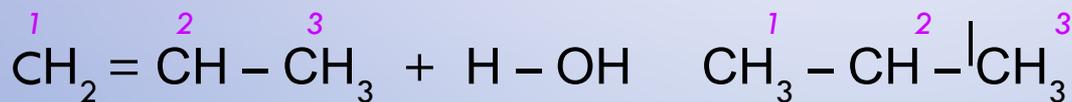


БУТЕН-1

CL

2-ХЛОРБУТАН

## 4. ГИДРАТАЦИЯ.



ПРОПЕН

ОН

ПРОПАНОЛ-2

УСЛОВИЯ РЕАКЦИИ: КАТАЛИЗАТОР – СЕРНАЯ КИСЛОТА,  
ТЕМПЕРАТУРА.

ПРИСОЕДИНЕНИЕ МОЛЕКУЛ ГАЛОГЕНОВОДОРОДОВ И ВОДЫ К  
МОЛЕКУЛАМ АЛКЕНОВ ПРОИСХОДИТ В СООТВЕТСТВИИ С

# ГИДРОГАЛОГЕНИРОВАНИЕ ГОМОЛОГОВ ЭТИЛЕНА

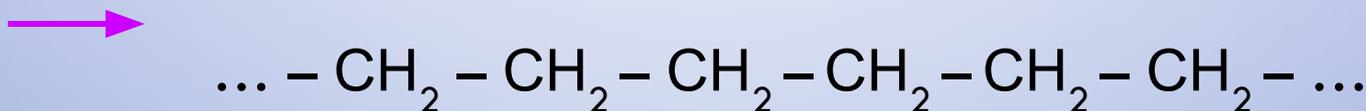
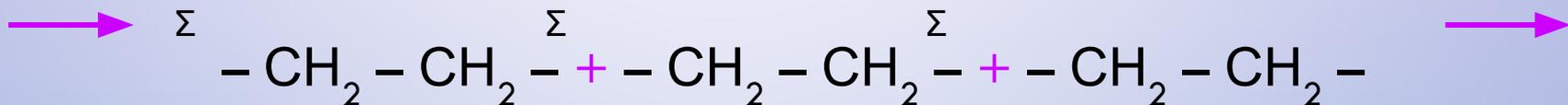
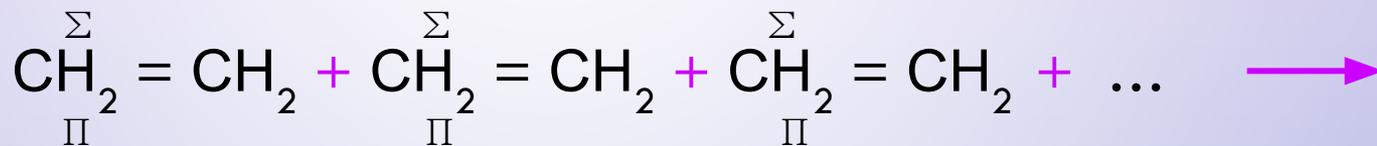
## ПРАВИЛО *В.В.* *МАРКОВНИКОВА*

- АТОМ ВОДОРОДА ПРИСОЕДИНЯЕТСЯ К НАИБОЛЕЕ ГИДРИРОВАННОМУ АТОМУ УГЛЕРОДА ПРИ ДВОЙНОЙ СВЯЗИ, А АТОМ ГАЛОГЕНА ИЛИ ГИДРОКСОГРУППА – К НАИМЕНЕЕ ГИДРИРОВАННОМУ.

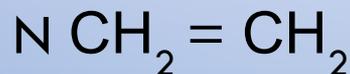


# РЕАКЦИИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ (СВОБОДНО-РАДИКАЛЬНОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ)

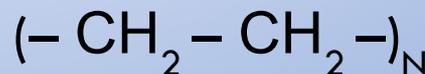
**ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ** – ЭТО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ОДИНАКОВЫХ МОЛЕКУЛ В БОЛЕЕ КРУПНЫЕ.



СОКРАЩЁННО УРАВНЕНИЕ ЭТОЙ РЕАКЦИИ ЗАПИСЫВАЕТСЯ ТАК:



**ЭТЕН**



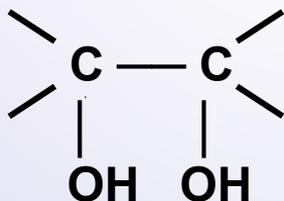
**ПОЛИЭТИЛЕН**

УСЛОВИЯ РЕАКЦИИ: ПОВЫШЕННАЯ ТЕМПЕРАТУРА, ДАВЛЕНИЕ, КАТАЛИЗАТОР.

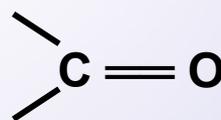
# ВОЗМОЖНЫЕ ПРОДУКТЫ ОКИСЛЕНИЯ АЛКЕНОВ



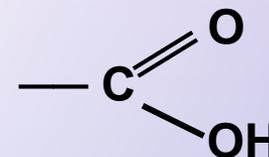
ЭПОКСИДЫ



ДИОЛЫ



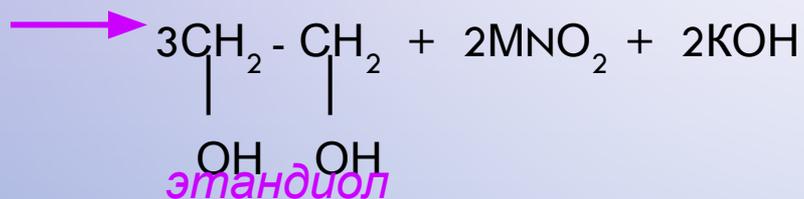
альдегиды  
или кетоны



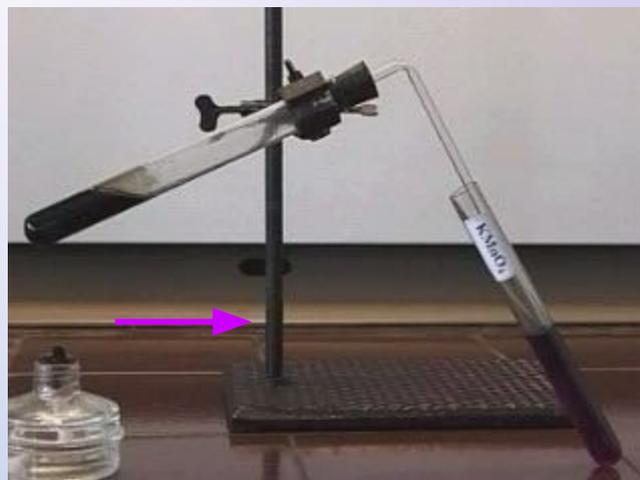
КИСЛОТЫ

# РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ

**РЕАКЦИЯ ВАГНЕРА.** (МЯГКОЕ  
ОКИСЛЕНИЕ РАСТВОРОМ  
ПЕРМАНГАНАТА КАЛИЯ).



ИЛИ



# РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ

## 3. КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ.



ЭТЕН

УКСУСНЫЙ АЛЬДЕГИД

УСЛОВИЯ РЕАКЦИИ: КАТАЛИЗАТОР – ВЛАЖНАЯ СМЕСЬ ДВУХ СОЛЕЙ  $\text{PdCl}_2$  И  $\text{CuCl}_2$ .



ЭТЕН

ОКСИД ЭТИЛЕНА

УСЛОВИЯ РЕАКЦИИ: КАТАЛИЗАТОР –  $\text{Ag}$ ,  $T = 150-350^\circ\text{C}$

# 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



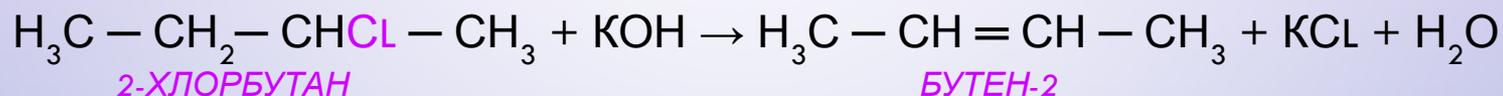
# ПОЛУЧЕНИЕ И ГОРЕНИЕ ЭТИЛЕНА



# ЛАБОРАТОРНЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ АЛКЕНОВ

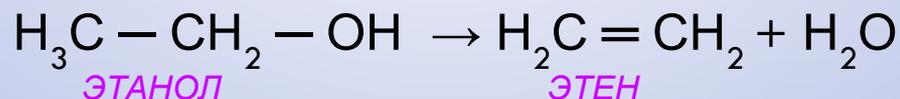
ПРИ ПОЛУЧЕНИИ АЛКЕНОВ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ ПРАВИЛО А.М. ЗАЙЦЕВА: ПРИ ОТЩЕПЛЕНИИ ГАЛОГЕНОВОДОРОДА ИЛИ ВОДЫ ОТ ВТОРИЧНЫХ И ТРЕТИЧНЫХ ГАЛОГЕНАЛКАНОВ ИЛИ СПИРТОВ АТОМ ВОДОРОДА ОТЩЕПЛЯЕТСЯ ОТ НАИМЕНЕЕ ГИДРИРОВАННОГО АТОМА УГЛЕРОДА.

- **ДЕГИДРОГАЛОГЕНИРОВАНИЕ ГАЛОГЕНАЛКЕНОВ.**



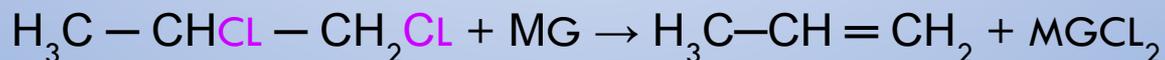
УСЛОВИЯ РЕАКЦИИ: НАГРЕВАНИЕ.

- **ДЕГИДРАТАЦИЯ СПИРТОВ.**



УСЛОВИЯ РЕАКЦИИ: КАТАЛИЗАТОР –  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (КОНЦ.),  $T = 180^\circ\text{C}$ .

- **ДЕГАЛОГЕНИРОВАНИЕ ДИГАЛОГЕНАЛКАНОВ.**



*1,2-ДИХЛОРПРОПАН*

*ПРОПЕН*

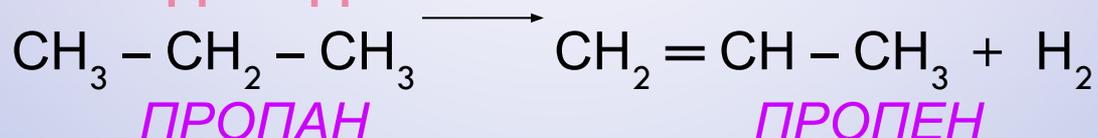
# ПРОМЫШЛЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ АЛКЕНОВ

- **КРЕКИНГ АЛКАНОВ.**



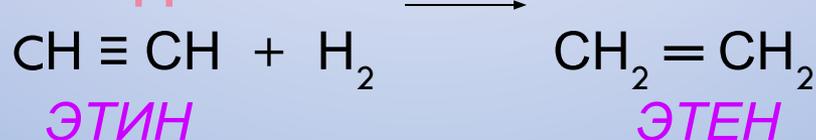
УСЛОВИЯ РЕАКЦИИ: ТЕМПЕРАТУРА И КАТАЛИЗАТОР.

- **ДЕГИДРИРОВАНИЕ АЛКАНОВ.**



УСЛОВИЯ РЕАКЦИИ:  $T = 400-600^\circ\text{C}$  И КАТАЛИЗАТОР (NI, PT,  $\text{AL}_2\text{O}_3$  ИЛИ  $\text{CR}_2\text{O}_3$ ).

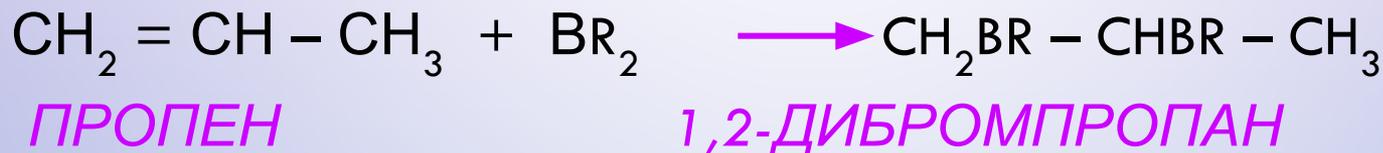
- **ГИДРИРОВАНИЕ АЛКИНОВ.**



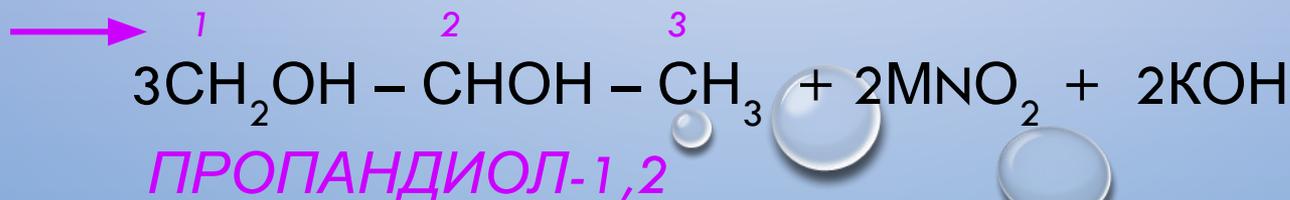
УСЛОВИЯ РЕАКЦИИ: КАТАЛИЗАТОР – PT, PD, NI.

# КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ДВОЙНУЮ УГЛЕРОД- УГЛЕРОДНУЮ СВЯЗЬ

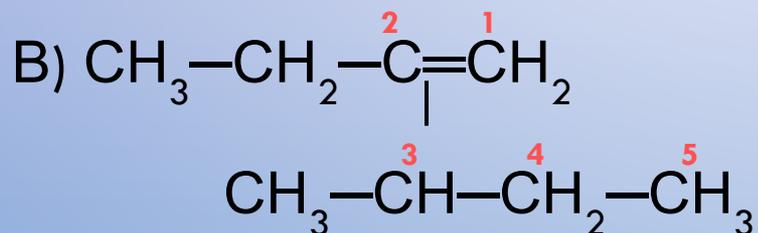
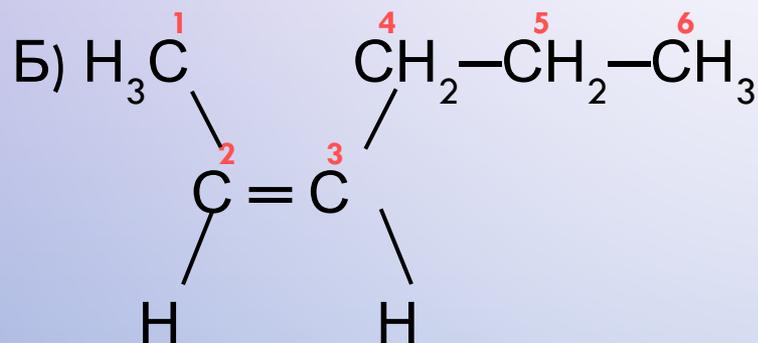
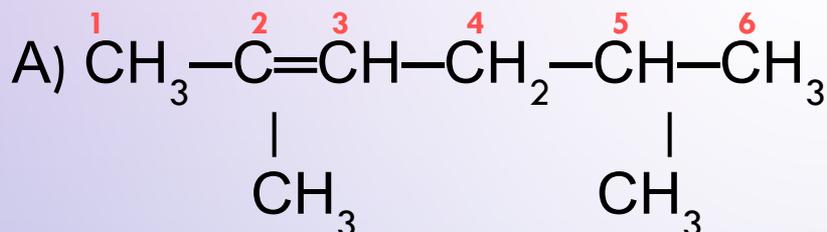
- **ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ БРОМНОЙ ВОДЫ.**



- **ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ РАСТВОРА  
ПЕРМАНГАНАТА КАЛИЯ.**



# НАЗОВИТЕ СЛЕДУЮЩИЕ АЛКЕНЫ



## ОТВЕТЫ:

А) 2,5-ДИМЕТИЛГЕКСЕН-2

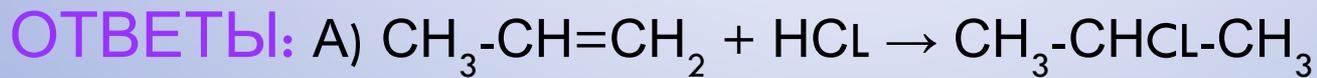
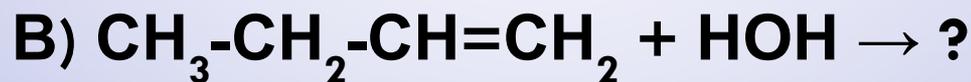
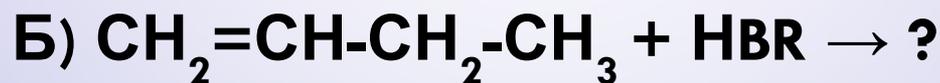
Б) ЦИС-ИЗОМЕР-ГЕКСЕН-2

В) 3-МЕТИЛ-2-  
ЭТИЛПЕНТЕН-1

# 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