

Уральский государственный  
аграрный университет

Л-13

д.х.н., проф. Хонина Татьяна Григорьевна

# Органическая химия

## Алифатические углеводороды

Екатеринбург, 2019

# План

- 1. Введение в органическую химию. Теория строения А.М. Бутлерова. Основные понятия: гомологи, изомеры, радикалы, функциональные группы, индуктивный и мезомерный эффекты.**
- 2. Классификация органических веществ.**
- 3. Углеводороды:**
  - 3.1. Предельные углеводороды (алканы).**
  - 3.2. Этиленовые углеводороды (алкены).**
  - 3.3. Алкадиены.**
  - 3.4. Алкины.**

**п.1. Введение в органическую химию. Теория строения А.М. Бутлерова. Основные понятия: гомологи, изомеры, радикалы, функциональные группы, индуктивный и мезомерный эффекты.**

- **Органическая химия** – химия углеводородов и их производных.
- **Углеводороды (УВ)** – простейшие органические вещества, молекулы которых состоят из атомов только двух элементов: С и Н ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ).
- **Производные УВ** – продукты замещения атомов «Н» в молекулах УВ на другие атомы или группы атомов.

	<b>Органическая вещества</b>	
Природные (нефть, белки, жиры, углеводы)	Искусственные (бензин, вескоза)	Синтетические (лекарства, витамины, пластмасса)

<b>Органические</b> <b>Важнейшие характеристики</b>	<b>соединения</b> <b>Примечания</b>
▪ Многочисленность (около 27 млн.)	Неорганические соединения – значительно меньшее число
▪ В состав обязательно входят атомы Н и С	Все органические соединения горючи, в отличие от неорганических
▪ Низкая температура плавления, соединения непрочны	У неорганических соединений – высокие температуры плавления и прочность
▪ В большинстве - неэлектролиты (в растворе - в виде молекул)	Органические реакции протекают медленно и чаще с участием катализатора, в отличие от неорганических реакций
▪ Большая молекулярная масса	
▪ Образуется гомологические ряды	<b><u>определение</u></b>
▪ Образуется изомеры	<b><u>определение</u></b>
▪ Большинство - участники или продукты процессов, протекающих в живых организмах	

# *Теория строения органических веществ А. М. Бутлерова*

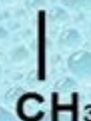
1. Атомы в молекулах соединены друг с другом не беспорядочно, а в определенной последовательности, согласно их валентности.
2. Свойства веществ зависят не только от того, атомы каких элементов и в каком количестве входят в состав молекул, но и от последовательности соединения атомов в молекулах, т.е. от их химического строения.
3. Атомы или группы атомов, входящих в состав молекулы, взаимно влияют друг на друга. Это взаимное влияние определяет свойства веществ.
4. Строение молекул может быть установлено на основе изучения их химических свойств. И наоборот: зная строение вещества, можно предсказать его свойства.

# Изомерия

Вещества, которые имеют один и тот же качественный и количественный составы, но отличаются по своему строению и свойствам, называются **изомерами**, а явление существования таких веществ носит название **изомерии**



БУТАН (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)



ИЗОБУТАН (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)

# ГОМОЛОГИ

**Гомологическим рядом** называется ряд веществ, расположенных в порядке возрастания их относительных молекулярных масс, сходных по строению и химическим свойствам, где каждый член отличается от предыдущего на гомологическую разницу  $\text{CH}_2$ . Вещества такого ряда называются **гомологами**

Гомологический ряд предельных углеводородов:

$\text{CH}_4$  – метан

$\text{C}_2\text{H}_6$  – этан

$\text{C}_3\text{H}_8$  – пропан

$\text{C}_4\text{H}_{10}$  – бутан

$\text{C}_5\text{H}_{12}$  - пентан

## п.2. Классификация органических веществ

- **Классификация по типу углеродного скелета**
- В зависимости от строения углеродного скелета органические соединения разделяют на **ациклические** – соединения с открытой (незамкнутой) углеродной цепью и **циклические**.
- Ациклические соединения могут быть как насыщенными, так и ненасыщенными.
- Циклические соединения – соединения с замкнутой цепью – в зависимости от природы атомов, составляющих цикл, делят на **карбоциклические** и **гетероциклические**.
- Карбоциклические соединения содержат в цикле только атомы углерода и делятся на две существенно различающиеся по химическим свойствам группы: **алифатические циклические** (сокращенно алициклические) и **ароматические**. Гетероциклические соединения содержат в цикле, кроме атомов углерода, один или несколько атомов других элементов – гетероатомов.



## Классификация органических веществ (продол.)

### Классификация по типу функциональной группы

В большинстве органических соединений, кроме атомов углерода и водорода, содержатся атомы других элементов (не входящие в скелет). Эти атомы или их группировки, во многом определяющие физические и химические свойства органических соединений, называют **функциональными группами**.

### Важнейшие функциональные группы:

-F, -Cl, -Br, -I	(галоген)	галогенпроизводные
-OH	(гидроксил)	спирты, фенолы
>C=O	(карбонил)	альдегиды, кетоны
-COOH	(карбоксил)	карбоновые кислоты
-NH <sub>2</sub> , >NH, >N-	(аминогруппа)	амины
-NO <sub>2</sub>	(нитрогруппа)	нитросоединения
-SO <sub>3</sub> H	(сульфогруппа)	сульфо кислоты

## п.3. Углеводороды.

### Углеводороды.

### Классификация углеводородов

Углеводороды-это класс органических соединений, молекулы которых состоят только из углерода и водорода



## п.3.1.

**Алканы****Гомологический ряд алканов  
неразветвленного строения**

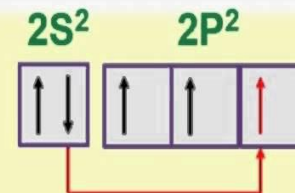
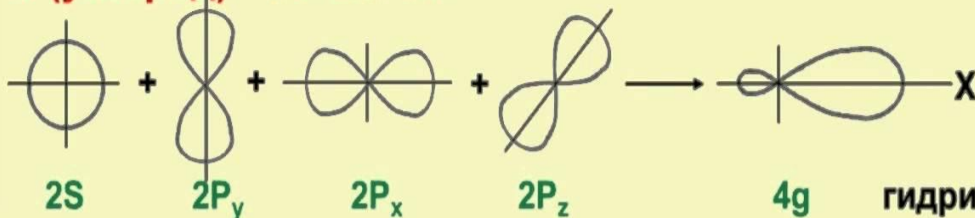
Формула алкана	Название	$t_{\text{пл.}}^{\circ\text{C}}$	$t_{\text{кип.}}^{\circ\text{C}}$	Агрегатное состояние (н.у.)
$\text{CH}_4$	метан	-184,0	-161,5	газы
$\text{C}_2\text{H}_6$	этан	-172,0	-88,3	
$\text{C}_3\text{H}_8$	пропан	-189,9	-42,17	
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	бутан	-135,0	-0,5	
$\text{C}_5\text{H}_{12}$	пентан	-131,6	36,2	жидкости
$\text{C}_6\text{H}_{14}$	гексан	-94,3	69,0	
$\text{C}_7\text{H}_{16}$	гептан	-90,5	98,4	
$\text{C}_8\text{H}_{18}$	октан	-56,5	125,8	
$\text{C}_9\text{H}_{20}$	нонан	-53,7	150,8	
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	декан	-29,7	174,0	
...				
$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	эйкозан	36,8	205,0	твердые

# Строение алканов

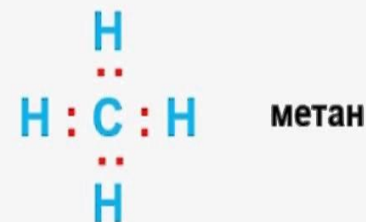
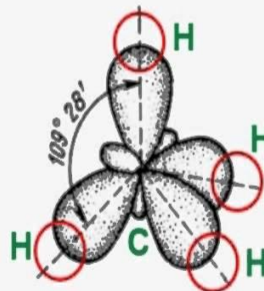
## СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ АЛКАНОВ

Для алканов характерна  $SP^3$  гибридизация.

**С (углерод)**  $1S^2 2S^2 2P^2$



При этом появляется валентный угол  $109^{\circ}28'$ , что приводит к образованию тетраэдрической формы молекул.

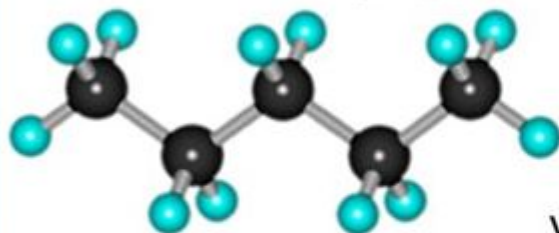


Если наибольшее перекрывание электронных облаков находится на прямой, соединяющей центры близлежащих ядер атомов, то связь называется сигма  $\sigma$ . Это ковалентная связь прочная.

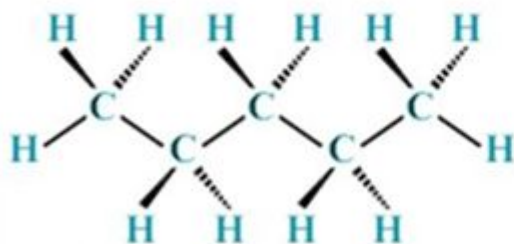
# Строение молекулы пентана

## Пространственное строение алканов

Пентан  $C_5H_{12}$



Модель молекулы



Стереохимическая формула

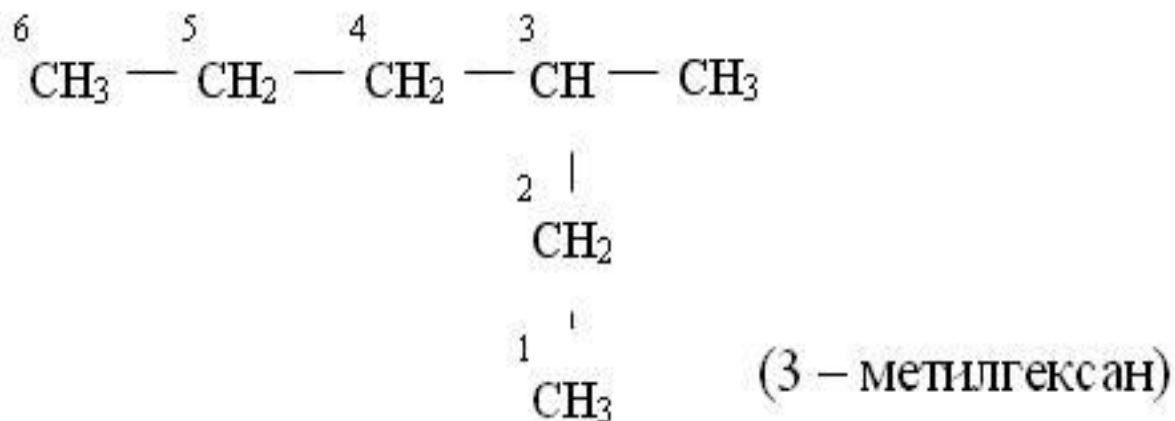
### Особенности

Для молекул алканов, содержащих свыше 2-х атомов углерода, характерны изогнутые формы-зигзагообразное строение .

Расстояние между соседними атомами углерода строго постоянно и равно 0.154нм

## Изомерия. Номенклатура

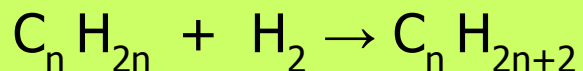
- Изомерия углеродного скелета ( у пентана 3 изомера: н-пентан, 2-метилбутан, 2,2-диметилпропан)
- Номенклатура



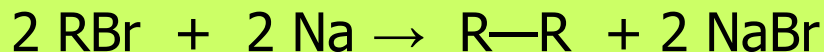
# Методы получения алканов

Алканы, как правило, получают разделением природных смесей углеводородов. Лабораторных способов получения немного:

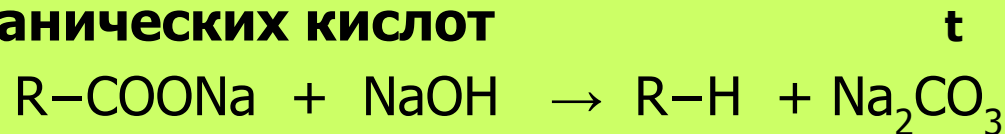
## 1. Гидрирование алкенов



## 2. Взаимодействие галогеналканов с активными металлами (Реакция Вюрца)



## 3. Термическое декарбоксилирование солей органических кислот

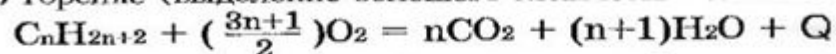


## Химические свойства алканов

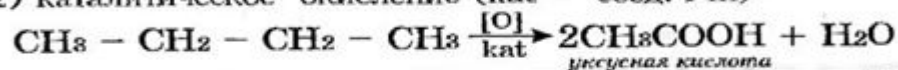
**Инертные вещества.** Связи С-С и С-Н прочные, низкая поляризуемость → реакции по гомолитическому разрыву связей.

### I. Окисление

1) горение (выделение большого количества теплоты Q)



2) каталитическое окисление (кат – соед. Mn)

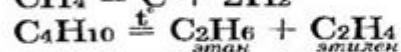


### II. Устойчивость к действию обычных окислителей

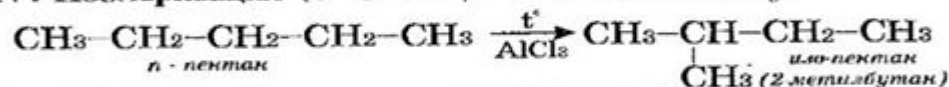
(KMnO<sub>4</sub>, Br<sub>2</sub> вода) Качественная реакция

C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> **не обесцвечивает** Br<sub>2</sub> воду и р-р KMnO<sub>4</sub>

### III. Крекинг (разложение при t°)



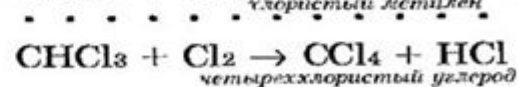
### IV. Изомеризация (с "С" ≥ 4, t°=100°C, kat AlCl<sub>3</sub>)



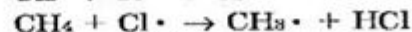
### V. Реакции замещения

1) с галогенами

hν – свет, t°, цепной свободнорадикальный механизм



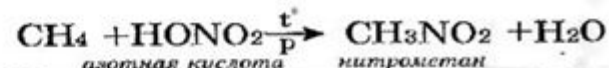
**Механизм:**



и т.д. до обрыва



2) нитрование (реакция Коновалова) t°, р.

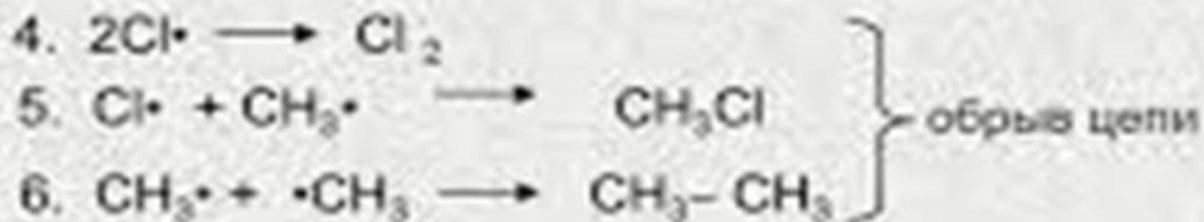
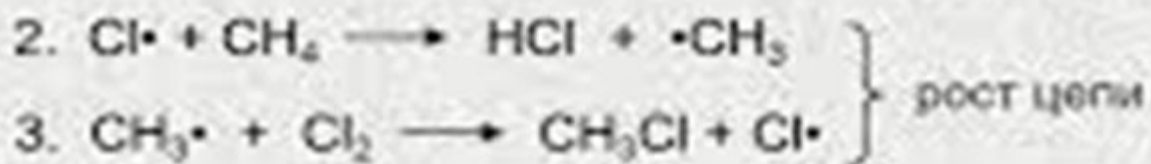
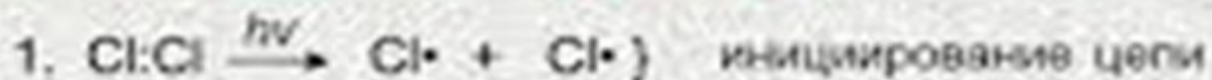




# Реакция замещения

## МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ХЛОРИРОВАНИЯ МЕТАНА:

*Суммарная реакция:*  $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$



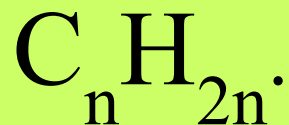
## *Непредельные углеводороды*

- **Непредельные, или ненасыщенные, УВ** содержат кратные углерод-углеродные связи (двойные, тройные)
- **Непредельными** называются углеводороды, в молекулах которых имеются атомы углерода, связанные между собой двойными или тройными связями. Их также называют **ненасыщенными** углеводородами, так как их молекулы имеют меньшее число атомов водорода, чем насыщенные.

## п. 3.2 *Алкены (олефины, этилены)*

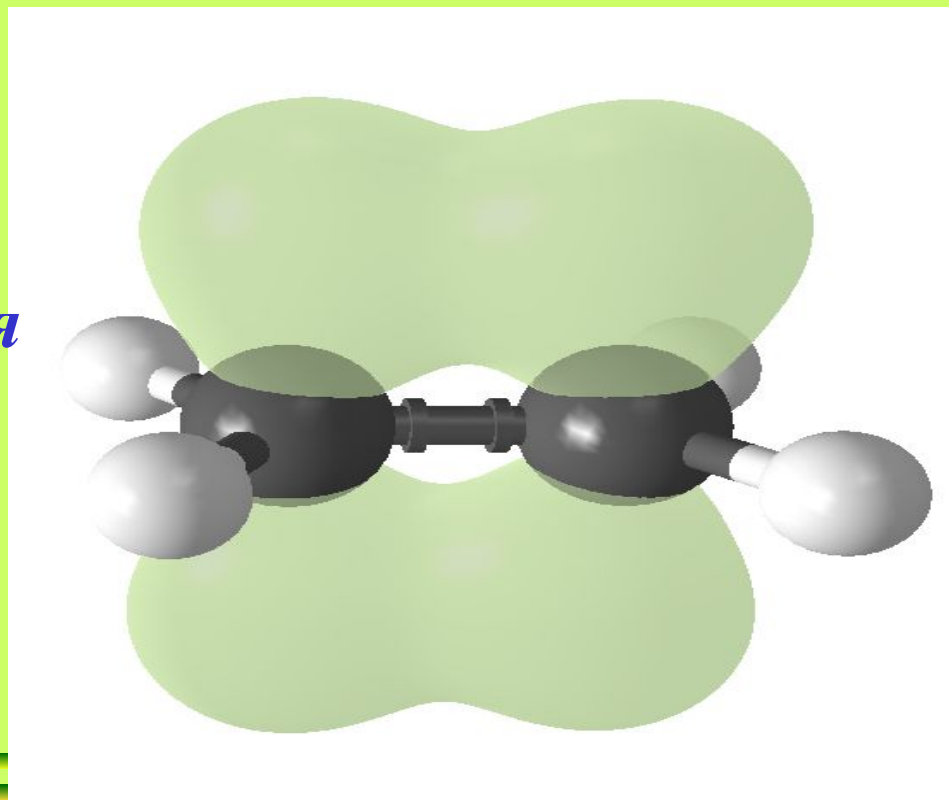
Непредельные углеводороды, в молекулах которых содержится одна двойная связь.

Общая формула гомологического ряда алкенов



*Гибридизация  $sp^2$*

*Изомерия (структурная и пространственная: цис- и транс)*

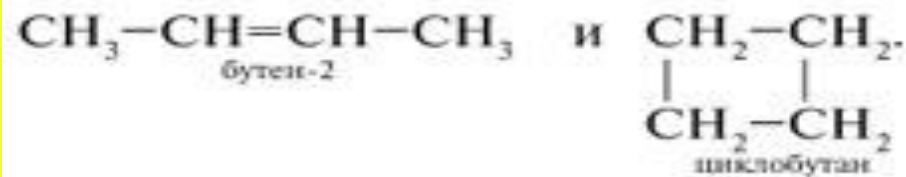
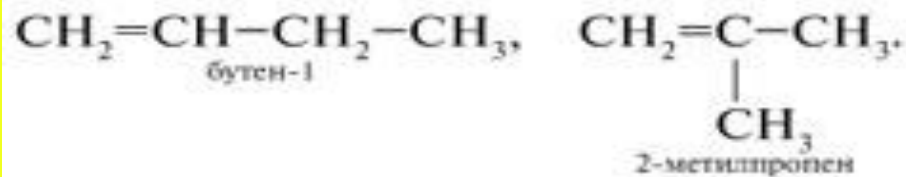
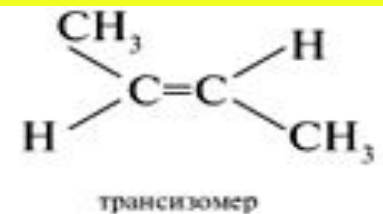
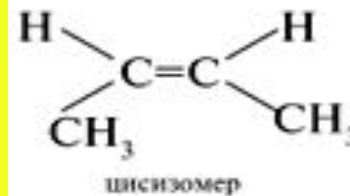


# Изомерия и номенклатура

СТРУКТУРНАЯ

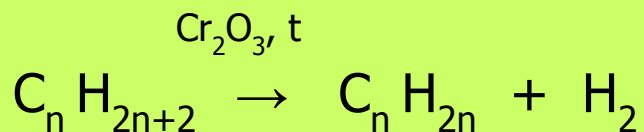
ИЗОМЕРИЯ

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ



# Методы получения алкенов

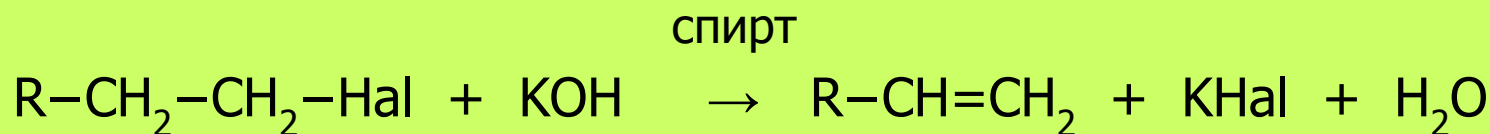
## 1. Дегидрирование алканов:



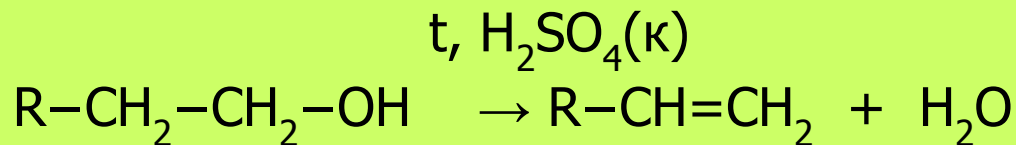
## 2. Дегалогенирование дигалогенопроизводных:



## 3. Дегидрогалогенирование галогенопроизводных:

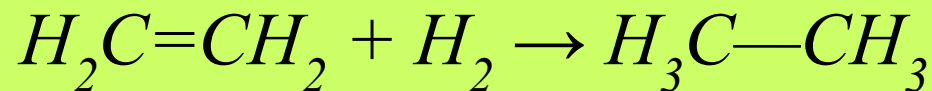


## 4. Дегидратация спиртов:

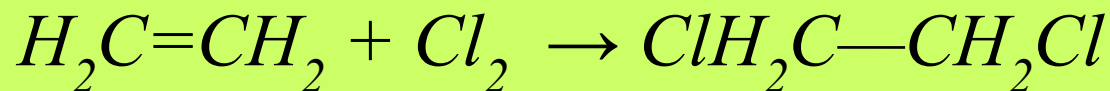


# Химические свойства алкенов

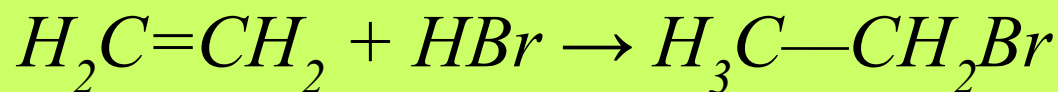
## 1. Присоединение водорода:



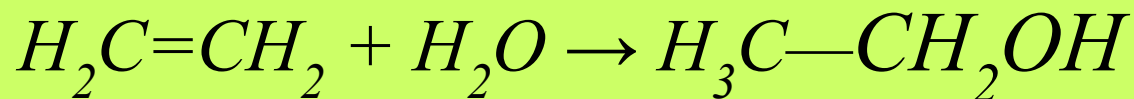
## 2. Присоединение галогенов:



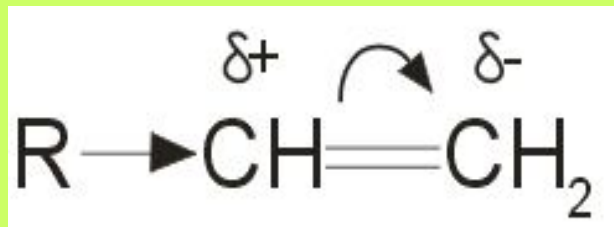
## 3. Присоединение галогеноводородов:



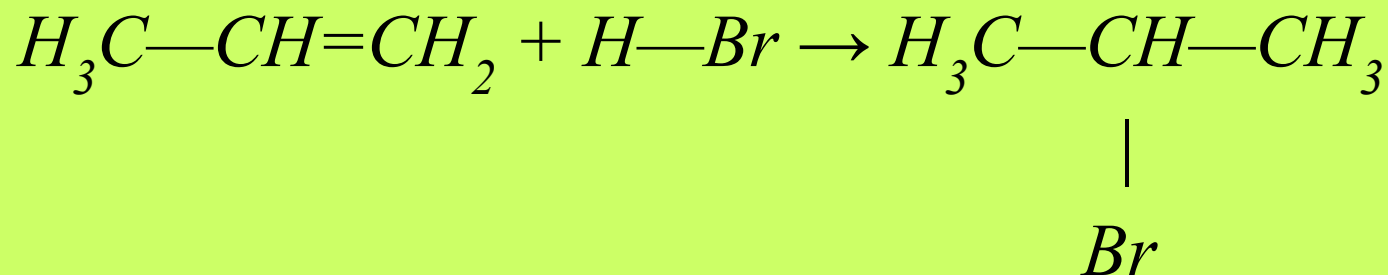
## 4. Присоединение воды (реакция гидратации):



## Правило Марковникова В.В.



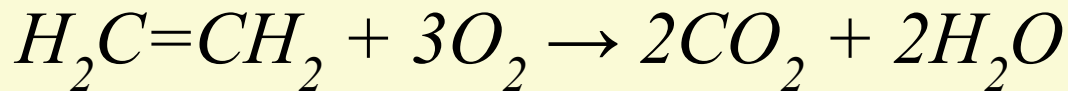
- Водород галогенводорода присоединяется к более гидрогенизированному атому углерода при двойной связи, а галоген – к менее гидрогенизированному.



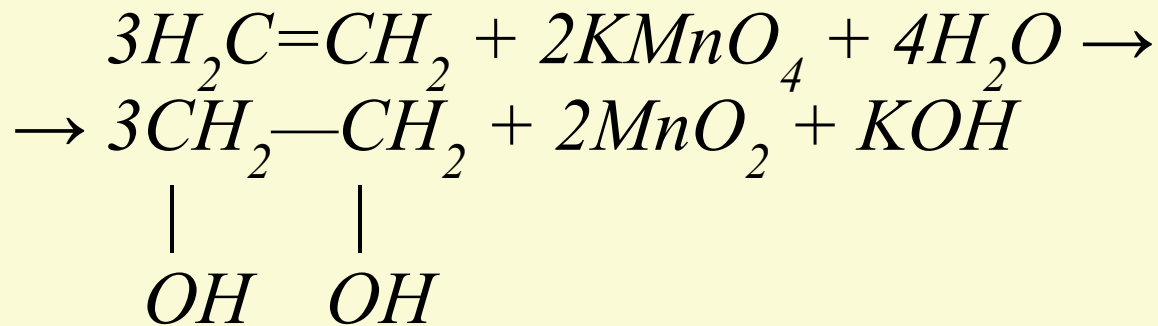
Реакция идет по ионному механизму.

## Реакции окисления

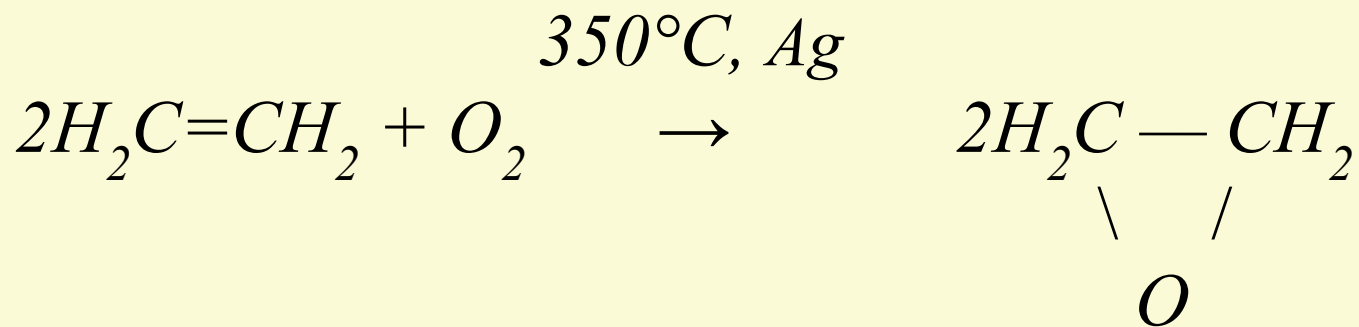
- Горение:



- Окисление перманганатом калия:



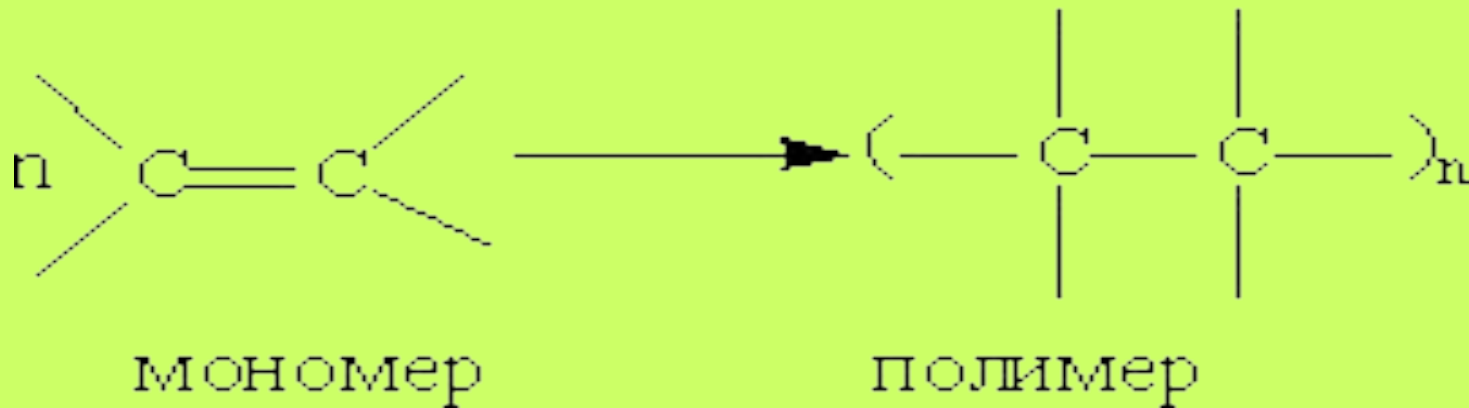
- Частичное окисление :





## Реакция полимеризации

Процесс соединения многих одинаковых молекул в более крупные молекулы называется реакцией полимеризации.

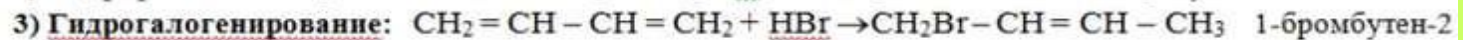
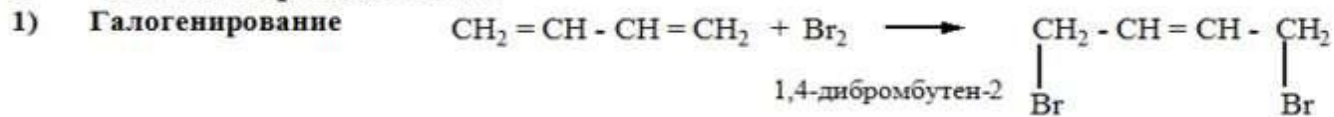


# Алкадиены

## Химические свойства алкадиенов

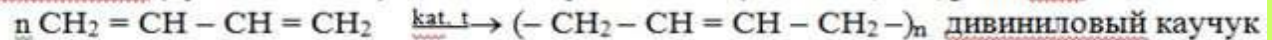
Химические свойства:

### I. Реакции присоединения

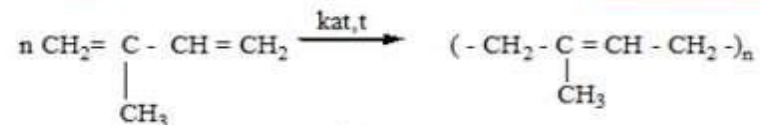


### II. Реакция полимеризации. Синтетические каучуки

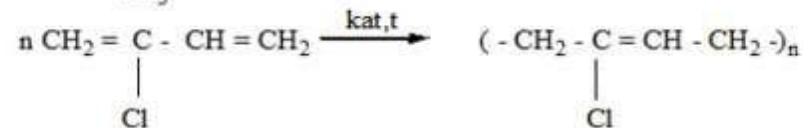
1) Дивиниловый (бутадиеновый) – по способу Лебедева (Kat – Na, 60°, p = 7 атм)



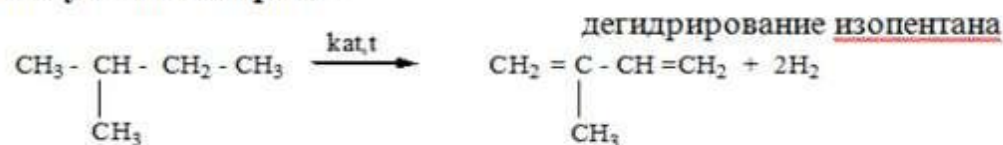
2) Изопреновый каучук



3) Хлоропреновый каучук



Получение изопрена -



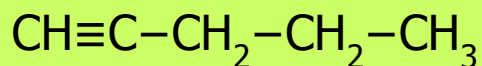
# Алкины. Ацетилен

**Алкины** – углеводороды, содержащие кроме  $\sigma$ -связей две  $\pi$ -связи (тройную связь) у одной пары углеродных атомов. Первый представитель этого класса веществ – ацетилен  $\text{HC}\equiv\text{CH}$ , в связи с чем алкины также называют ацетиленовыми углеводородами. Общая формула гомологического ряда алкинов  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$  (изомерны алкадиенам).

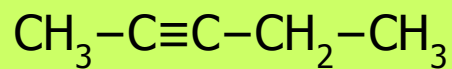
## 4.1. Номенклатура и изомерия алкинов

Названия ацетиленовых углеводородов образуются от названий соответствующих предельных углеводородов заменой окончания **-ан** на **-ин**.

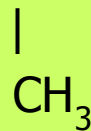
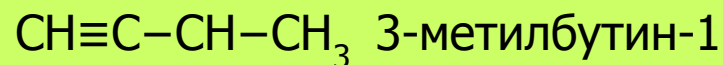
Для алкинов характерны изомерия углеродного скелета и изомерия положения тройной связи:



Пентин-1

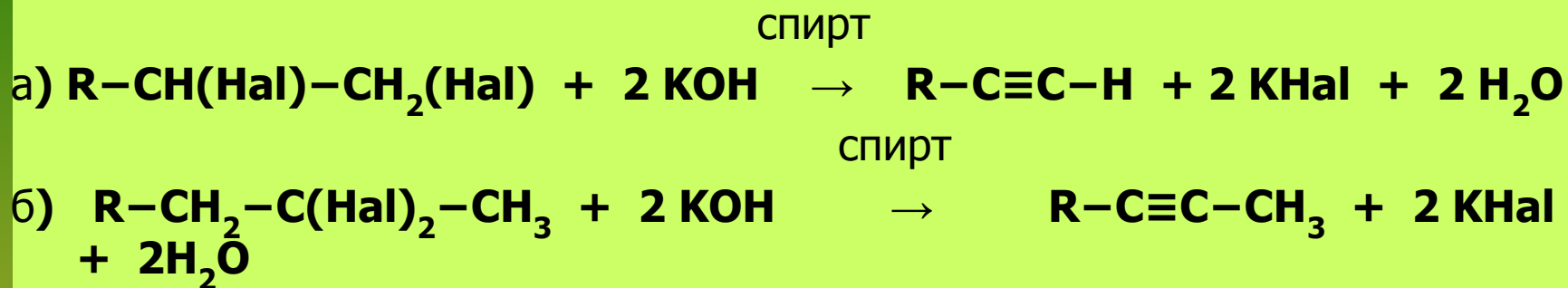


и пентин-2

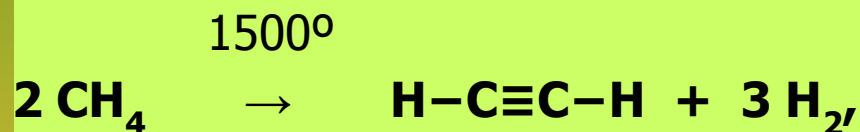


## Методы получения алкинов

Общий способ получения алкинов – отщепление двух молекул галогеноводорода от дигалогеналканов, которые содержат два атома галогена либо у соседних (а), либо у одного атома углерода (б), под действием спиртового раствора щелочи:



Ацетилен получают высокотемпературным крекингом метана



а также гидролизом карбида кальция, образующегося при высоких температурах из оксида кальция и углерода:



# Химические свойства ацетилена

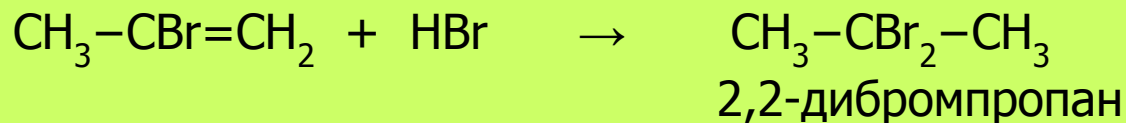
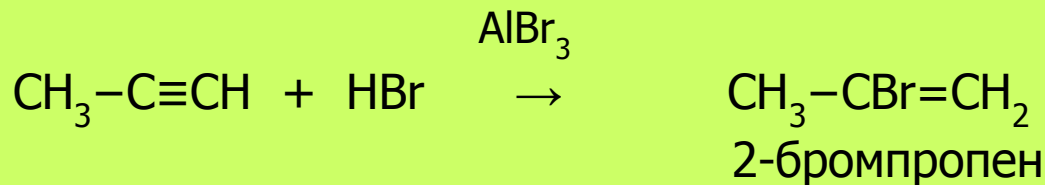
## 1. Реакция галогенирования



Алкины, так же как и алкены, обесцвечивают бромную воду.

## 2. Реакция гидрогалогенирования

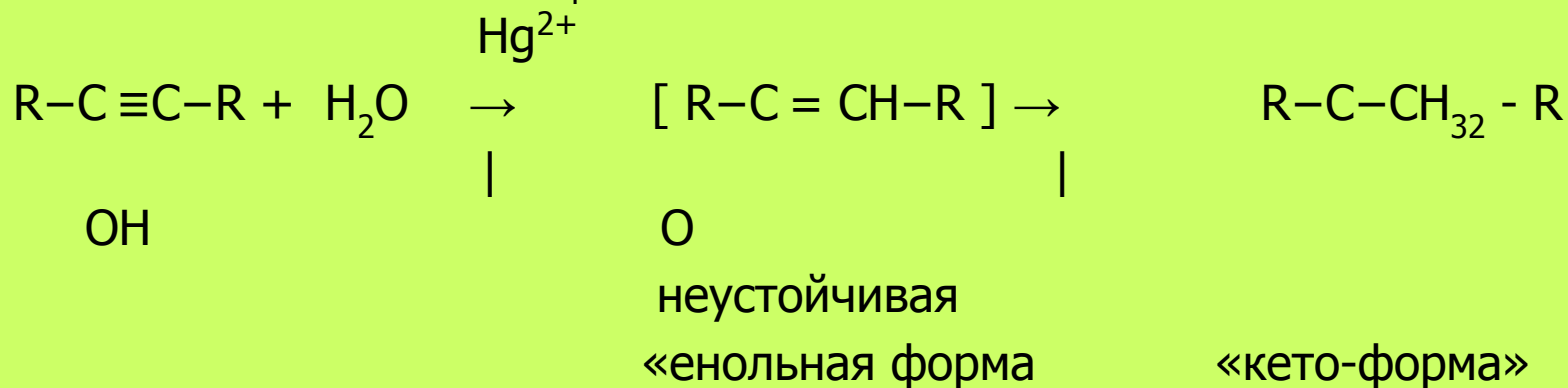
Эти реакции, как правило, проводят в присутствии катализаторов. Для несимметричных алкинов на каждой стадии присоединение идет по правилу Марковникова:



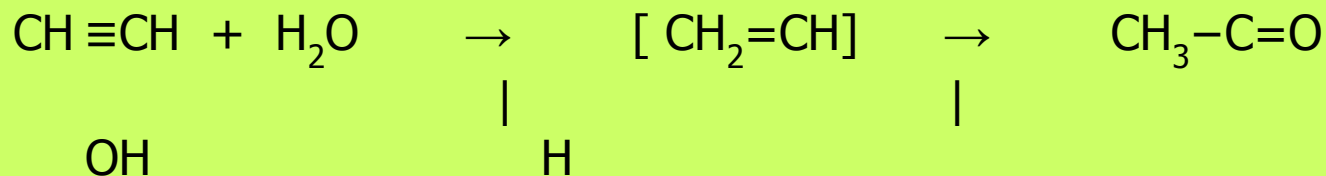
## Химические свойства ацетилена (прод.)

### 3. Реакция гидратации (реакция Кучерова)

Вода присоединяется к алкинам с образованием неустойчивых продуктов – енолов, которые быстро изомеризуются в карбонильные соединения. Реакция протекает в присутствии сульфата ртути  $\text{HgSO}_4$  :



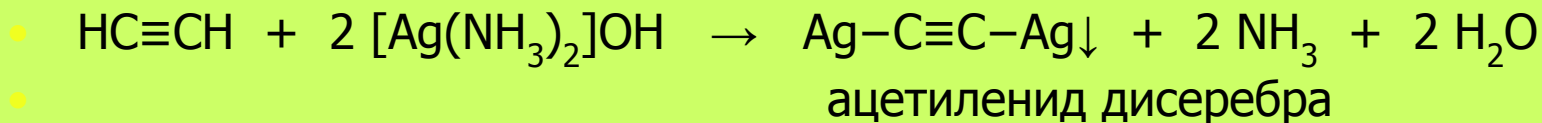
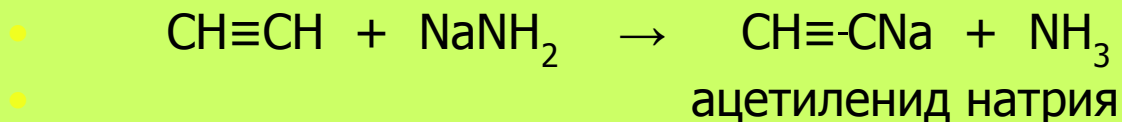
Реакция гидратации ацетилена по Кучерову имеет промышленное значение, в результате образуется уксусный альдегид:



# Химические свойства ацетилен (прод.)

## 4. Реакция замещения

- Атом водорода, находящийся у углерода в *sp*-гибридном состоянии, достаточно подвижен и способен замещаться на атомы металлов. Поэтому алкины, в отличие от алкенов, способны образовывать соли – ацетилениды:



- Ацетилениды тяжелых металлов Ag, Cu, Hg представляют собой не истинные соли, а ковалентно построенные соединения, нерастворимые в воде, взрывоопасные в сухом виде.

## 5. Реакция гидрирования (→этан)

## 6. Реакция тримеризации (→бензол)

## 7. Реакция окисления (горения)