

Министерство образования и науки РФ  
**Нижекамский химико-технологический институт (филиал)**  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»

**Г.С. Кутузова, Е.Ю.Бондырева**

# **УГЛЕВОДОРОДЫ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СПО**

**Нижекамск  
2015**

**УДК 547**

**К 95**

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ»

**Рецензенты:**

**Сафиуллина Т.Р.**, кандидат химических наук, доцент;  
**Гиляева Г.В.** кандидат технических наук,  
начальник исследовательской лаборатории сточных вод  
НТЦ ПАО «НКНХ».

**Кутузова, Г.С.**

**К 95** Углеводороды : учебное пособие для СПО / Г.С. Кутузова,  
Е.Ю.Бондырева. – Нижнекамск: НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ»,  
2015. – 118 с.

Учебное пособие включает в себя краткий конспект лекций, охватывающий раздел органической химии «Углеводороды». Полностью соответствует ФГОС 3+ для специальностей СПО 18.02.01 «Аналитический контроль качества химических соединений», 18.02.06 «Химическая технология органических веществ», 18.02.07 «Технология производства и переработка пластических масс и эластомеров», 18.02.09 «Переработка нефти и газа». Содержит общие и индивидуальные задания, относящиеся к данному разделу органической химии. Рассмотрены примеры решения задач.

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов при подготовке к практическим и лабораторным занятиям, промежуточному, итоговому контролю, выполнению домашних заданий и контрольных работ по курсу «Органическая химия».

**УДК 547**

© Кутузова, Г.С., Бондырева, Е.Ю., 2015

© НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2015

# 1. НАСЫЩЕННЫЕ (ПРЕДЕЛЬНЫЕ) УГЛЕВОДОРОДЫ АЛКАНЫ (ПАРАФИНЫ)

Алканами или предельными углеводородами называются соединения, в молекулах которых каждый углеродный атом затрачивает на соединение с соседним углеродом одну валентность, остальные валентности насыщены атомами водорода, поэтому данный класс соединений называется насыщенным или предельным.

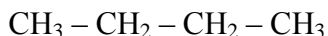
$C_nH_{2n+2}$  – общая формула.

## 1.1. Изомерия и номенклатура предельных углеводородов

Изомерия предельных углеводородов связана со структурным строением молекулы. Вещества, тождественные по составу и молекулярной массе, но отличающиеся по химическому строению, называются структурными изомерами.

**Например:**

бутан -  $C_4H_{10}$ , имеет два изомера:



**н-бутан**



**изобутан**

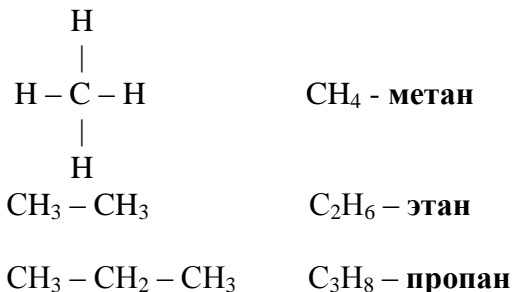
Существует 3 основных вида номенклатур:

1) **эмпирическая (тривиальная) номенклатура** – это историческое название соединений;

2) **рациональная номенклатура**. По рациональной номенклатуре за основу принимается родоначальник гомологического ряда, а все соединения этого ряда рассматриваются как его замещенные;

3) **систематическая международная номенклатура IUPAC** – международный союз чистой и прикладной химии.

Первые члены гомологического ряда имеют тривиальные названия



Далее названия образуются из греческих и латинских числительных добавлением суффикса – **ан**:

$\text{C}_5\text{H}_{12}$  – **пентан**,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  – **гексан**,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  – **гептан**,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  – **октан**,  $\text{C}_9\text{H}_{20}$  – **нонан**,  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$  – **декан** и т.д.

**Рациональная номенклатура** учитывает строение называемого соединения. За основу принимается первый член гомологического ряда (метан) и соединение рассматривается как производное метана с последовательным перечислением введённых радикалов (от простого к сложному или по алфавиту). Для этого необходимо знать названия радикалов – **алкилов** (см. таблицу 1).

**Таблица 1.1**

**Радикалы первых членов гомологического ряда**

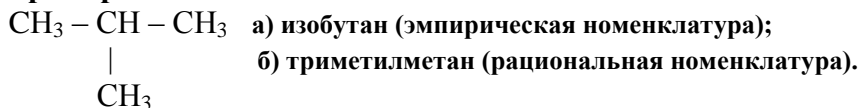
<i>№</i>	<i>Радикал</i>	<i>Название радикала</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	$\text{CH}_3 -$	метил
2	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$	этил
3	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	н-пропил

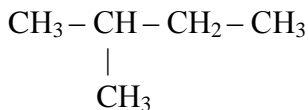
## Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
4	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\   \end{array}$	изопропил (вторичный)
5	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	н-бутил
6	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \end{array}$	вторичный бутил
7	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	третичный бутил
8	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	первичный изобутил
9	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	неопентил

Если свободная валентность в радикале принадлежит атому углерода, имеющему только одну непосредственную связь с углеродными атомами, то радикал называется **первичным**. При наличии двух таких связей радикал называется **вторичным**, трёх – **третичным**.

**Например:**





- а) изопентан (эмпирическая номенклатура);  
 б) диметилэтилметан (рациональная номенклатура).

### Систематическая номенклатура IUPAC

Правила наименования по номенклатуре IUPAC следующие:

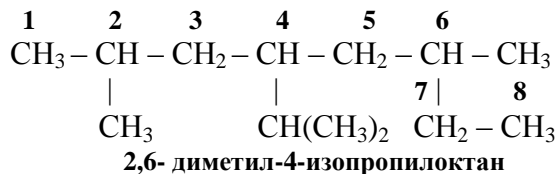
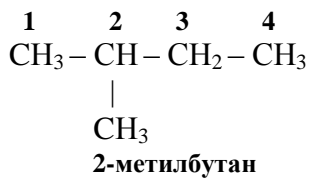
1) в качестве основы выбирается самая длинная цепь атомов углерода, и считается, что соединение образуется из этой структуры при замене атомов водорода на различные алкильные группы;

2) основную углеродную цепь нумеруют арабскими цифрами так, чтобы цифры, указывающие положение боковых цепей, были наименьшими;

3) если одна и та же алкильная группа встречается более одного раза, то перед ней ставят приставку ди-, три-, тетра- и т.д., чтобы указать число этих групп, и обозначают арабскими цифрами (локантами) положение каждой группы;

4) при наличии нескольких различных алкильных групп их перечисляют либо в порядке увеличения сложности, либо в алфавитном порядке.

**Например:**



## 1.2. Способы получения алканов

Природными источниками алканов являются нефть и природный газ.

Природный газ на 75 – 85% состоит из метана.

Перегонка нефти позволяет получить смеси насыщенных углеводородов с различной длиной углеводородной цепи (см. таблицу 1.2):

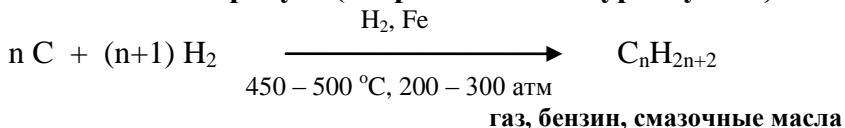
**Таблица 1.2**

### **Фракции нефти**

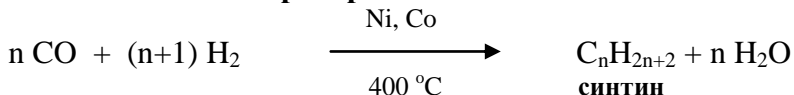
<i>Фракция</i>	<i>Состав</i>	<i>Т кипения, °С</i>
Природный газ	$C_1 - C_4$	Ниже 20
Петролейный эфир	$C_5 - C_6$	20 – 60
Бензин	$C_5 - C_{12}$	40 – 200
Керосин	$C_{10} - C_{16}$	175 – 275
Мазут (диз. топливо)	$C_{15} - C_{16}$	250 – 400
Смазочные масла	$C_{18} - C_{22}$	Выше 300
Асфальт	Сложная смесь углеводородов ( $C_{20}$ и выше)	–

## 1.2.1. Промышленные методы получения

### 1.2.1.1. Метод Бергиуса (гидрогенизация бурых углей)

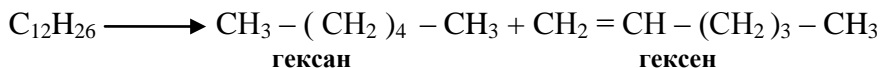


### 1.2.1.2. Метод Фишера-Тропша



**Синтин** – смесь углеводородов

### 1.2.1.3. Крекинг нефти:



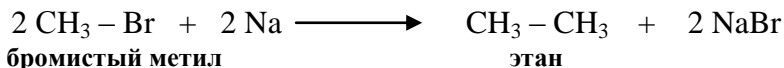
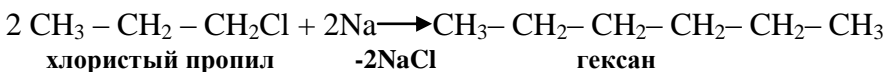
## 1.2.2. Лабораторные методы получения

**1.2.2.1. Реакция Вюрца** – это взаимодействие галогенозамещённых алканов со щелочными металлами (K, Na, Li):



где X =Hal, а R – алкильный радикал

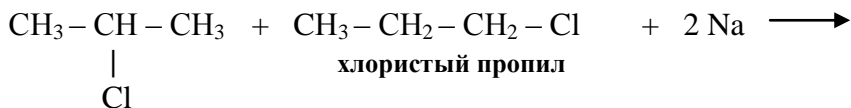
**Например:**



Если в реакции Вюрца использовать в качестве исходных веществ различные галогенопроизводные, то образуется смесь трёх продуктов реакции.

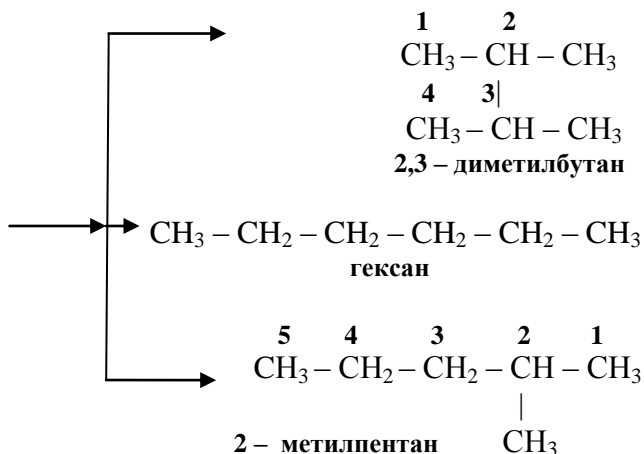


Например:

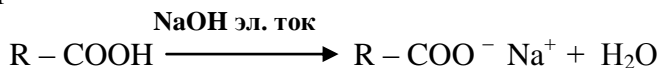


хлористый изопропил

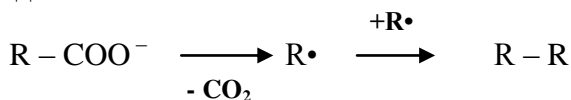
хлористый пропил



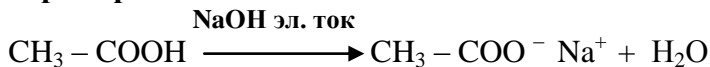
**1.2.2.2. Реакция Кольбе** – электролиз солей одноосновных карбоновых кислот:



**Анод:**



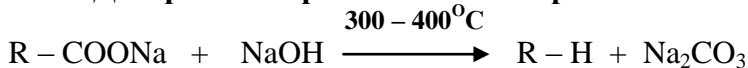
Например:



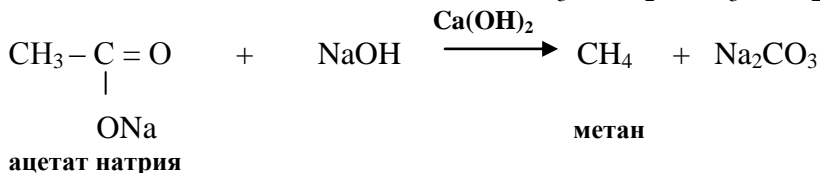
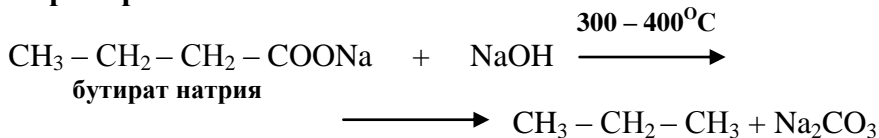
**Анод:**



### 1.2.2.3. Декарбоксилирование солей карбоновых кислот

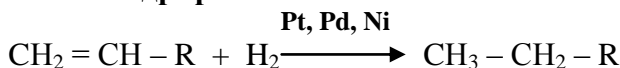


Например:

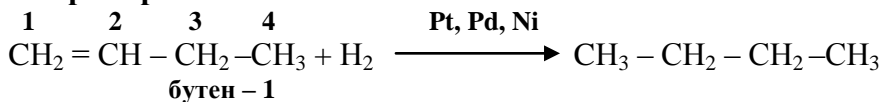


$NaOH + Ca(OH)_2$  - натронная известь

### 1.2.2.4. Гидрирование алкенов



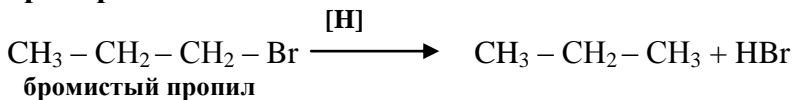
Например:



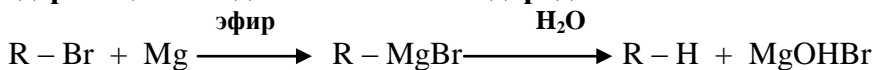
### 1.2.2.5. Восстановление галоидных алкилов



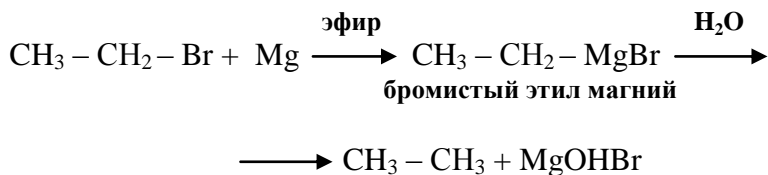
Например:



### 1.2.2.6. Разложение реактива Гриньяра соединениями, содержащими подвижный атом водорода



Например:



### 1.3. Химические свойства предельных углеводородов

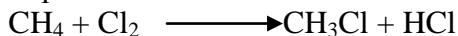
#### 1.3.1. Реакции замещения

К реакциям замещения относятся реакции галогенирования, нитрования, сульфогалогенирования, сульфокисления.

##### 1.3.1.1. Реакции галогенирования

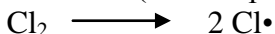
Реакции галогенирования – реакции замещения атома водорода на галоген. Основным условием протекания реакции является УФ – излучение или температура ( $250^\circ - 400^\circ\text{C}$ ) (инициирование).

По реакционной способности галогены располагаются в следующем порядке:  $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$

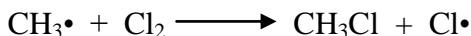
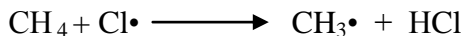


**Механизм реакции галогенирования:**

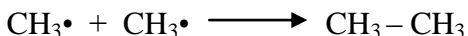
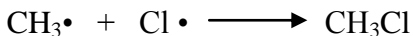
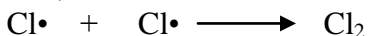
**Стадия 1** – зарождение цепи (инициирование):

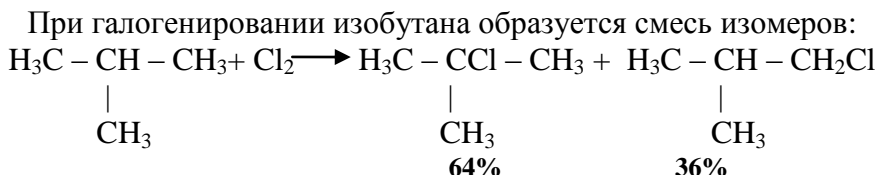


**Стадия 2** – рост цепи:

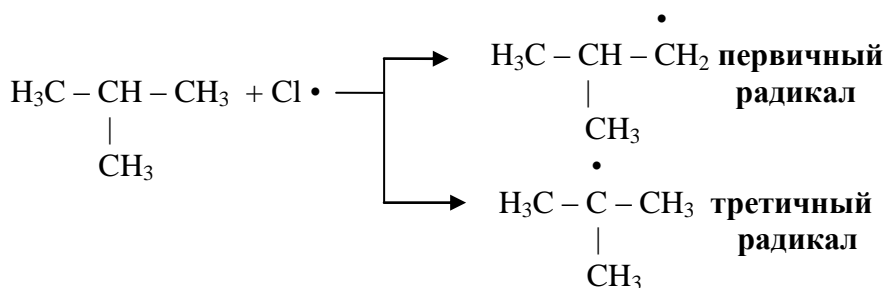


**Стадия 3** – обрыв цепи:

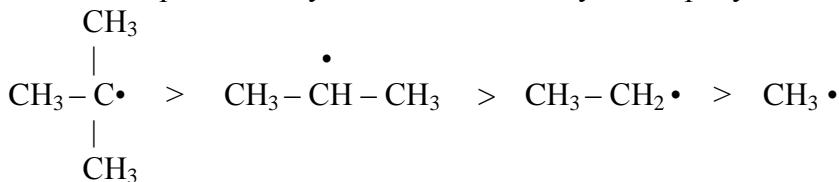




В процессе хлорирования изобутана на стадии роста цепи образуется два радикала – первичный и третичный:



Более устойчивым является третичный радикал, так как устойчивость радикалов уменьшается в следующем ряду:



В результате чего образуется 64% хлористого третбутила.

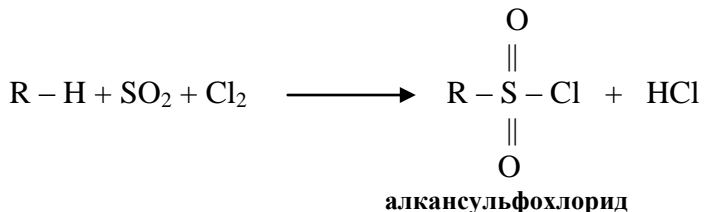
### 1.3.1.2. Реакции сульфирования

Предельные углеводороды при нормальной температуре с кислотами не реагируют. Если нагреть предельные углеводороды с  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц), произойдет окисление. Поэтому сульфокислоты из предельных углеводородов можно получить при помощи реакции сульфохлорирования.

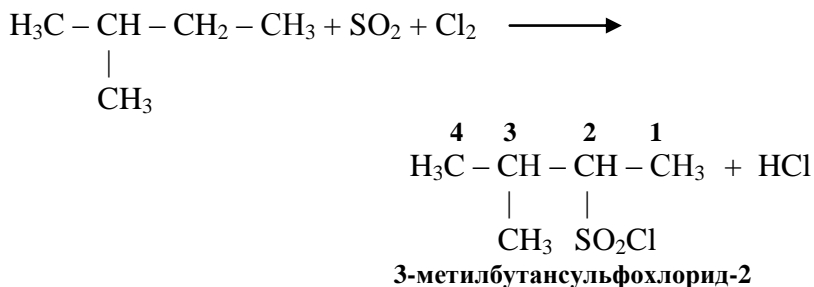
### 1.3.1.3. Реакции сульфохлорирования

Замещение водорода у третичного углеродного атома не происходит (объем сульфогруппы больше, чем объем

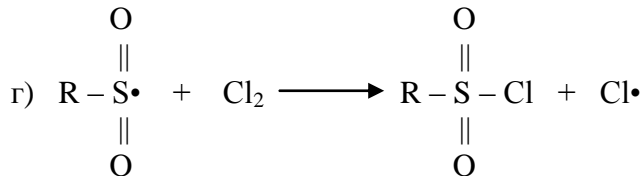
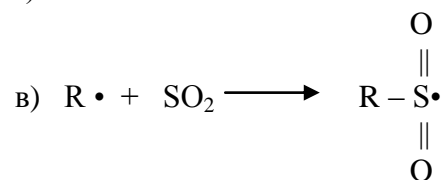
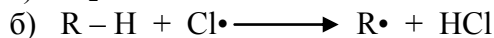
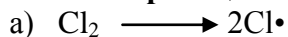
галогена). Замещение происходит легче у вторичного углеродного атома, а затем у первичного.



**Например:**



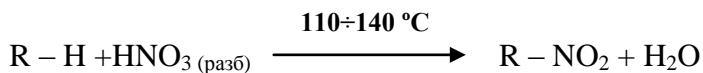
**Механизм реакции:**



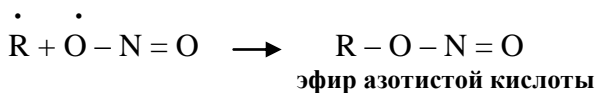
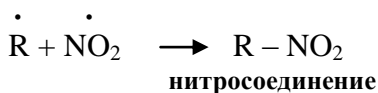
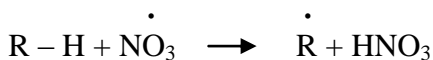
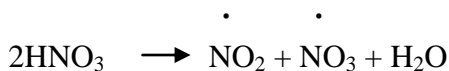
#### 1.3.1.4. Реакции нитрования

Существует два типа реакций:

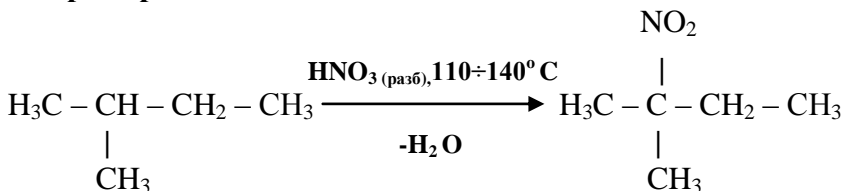
1) нитрование  $\text{HNO}_3_{(\text{разб.})}$  – **жидкофазное нитрование** (реакция Коновалова). Концентрация  $\text{HNO}_3$  – 6÷12,5%. Температура процесса – 110÷140°C. Температура в зависимости от количества углеродных атомов меняется.



**Механизм реакции:**

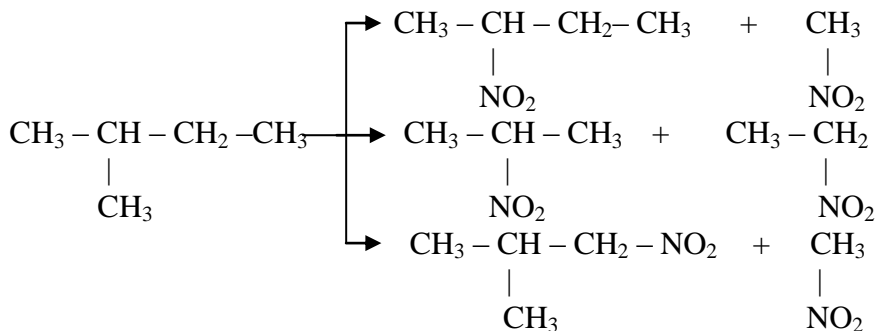


**Например:**



Замещение водорода происходит в соответствии с устойчивостью радикалов

2) нитрование  $\text{HNO}_3_{(\text{конц.})}$  – **парофазное нитрование**. Температура процесса – 300 ÷ 500°C.

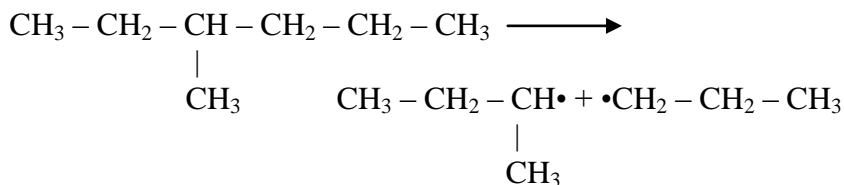


Происходит расщепление молекулы по различным С–С и С–Н связям. Образуется большой набор нитросоединений, которые можно разделить при помощи ректификации.

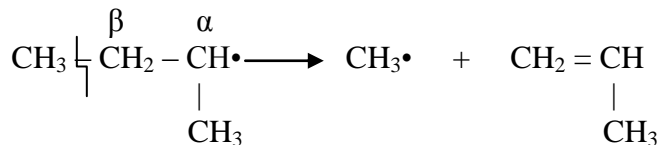
### 1.3.2. Реакции ращепления

#### 1.3.2.1. Реакции крекинга

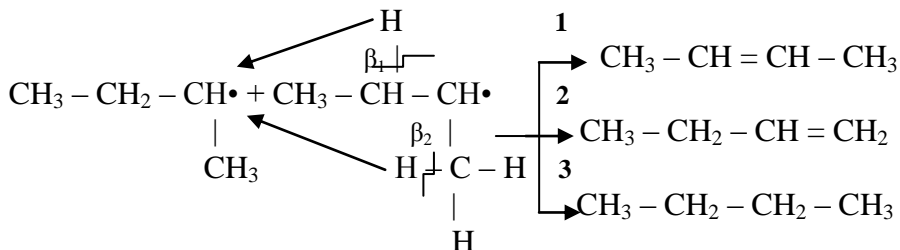
**Механизм реакции:**



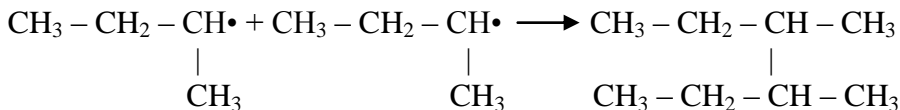
**а) β – распад:**



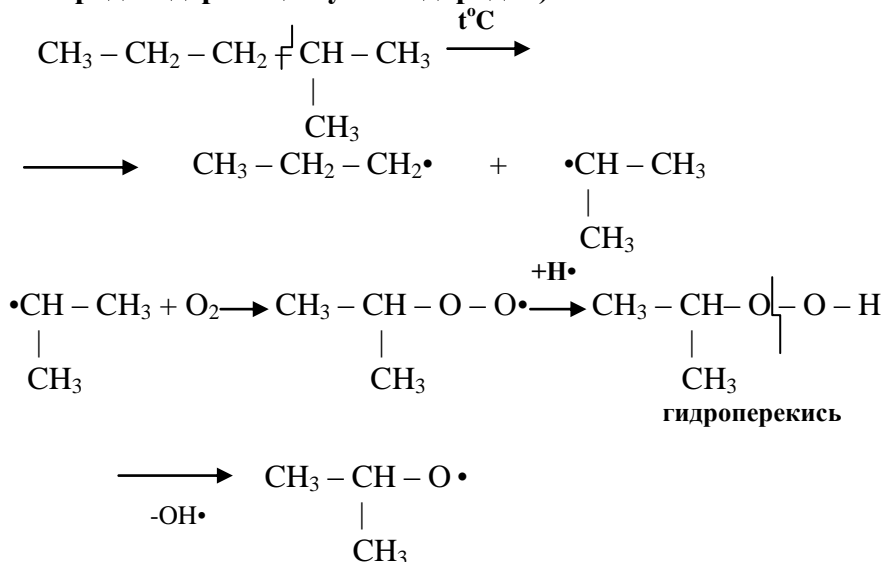
б) реакция диспропорционирования:



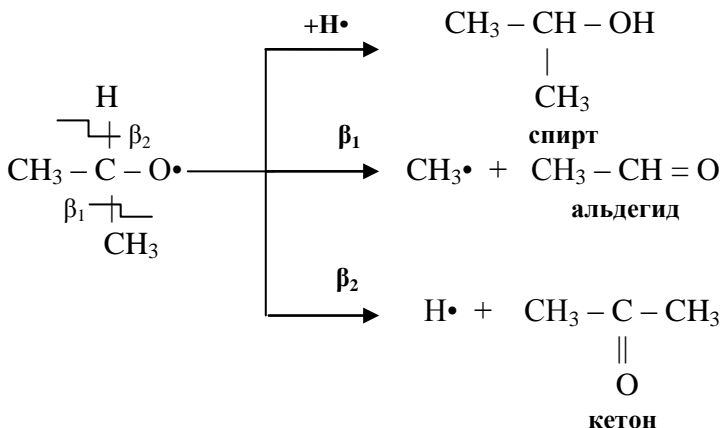
в) реакция соединения (рекомбинации):



1.3.2.2. Реакции окисления (образование кислородосодержащих углеводородов)







## 2. НЕНАСЫЩЕННЫЕ (НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ) УГЛЕВОДОРОДЫ АЛКЕНЫ (ОЛЕФИНЫ)

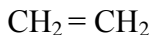
Алкенами или олефинами называются органические соединения, молекулы которых содержат углеродные атомы, затрачивающие на соединение с соседним углеродным атомом две валентности. Остальные валентности насыщены атомами водорода.

Количество водородных атомов в молекулах алкенов значительно меньше атомов водорода в молекулах алканов, поэтому данный класс соединений относится к ненасыщенным углеводородам.

Общая формула:  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

### 2.1. Номенклатура и изомерия алкенов

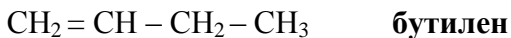
#### 2.1.1. Эмпирическая (тривиальная) номенклатура



этилен

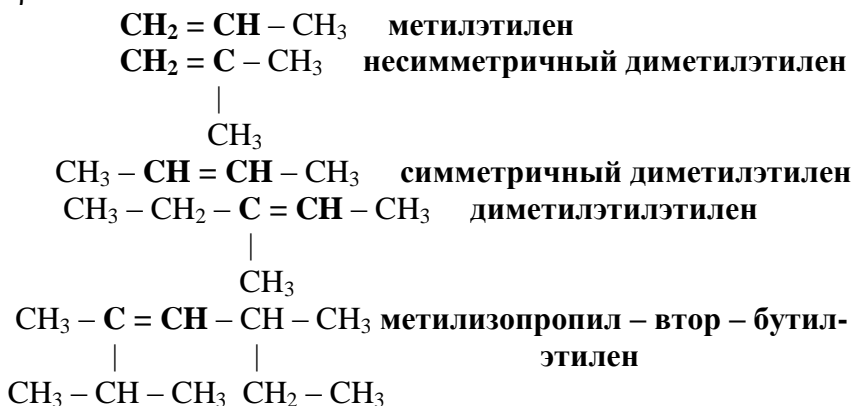


пропилен



### 2.1.2. Рациональная номенклатура

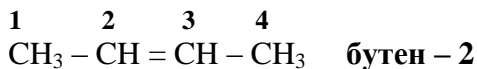
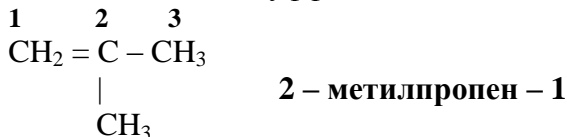
За основу принимают родоначальник этого ряда – **этилен**. Остальные же соединения рассматривают, как алкилзамещенные этилена, обозначая положения заместителей словами симметричный и несимметричный, либо символами  $\alpha$  или  $\beta$ .

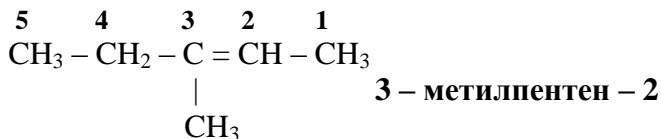


### 2.1.3. Систематическая международная номенклатура ИУРАС

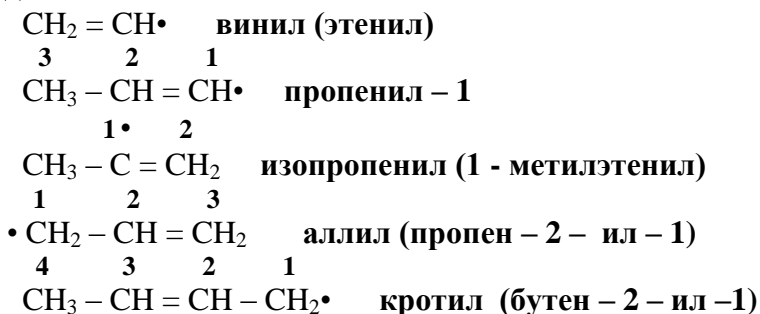
По систематической номенклатуре выбираем самую длинную цепь, несущую двойную связь.

Цепь нумеруем со стороны, к которой ближе расположена двойная связь, называем углеводород соответствующей длины, изменяя в названии алкана суффикс **–ан** на **–ен**.



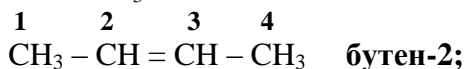
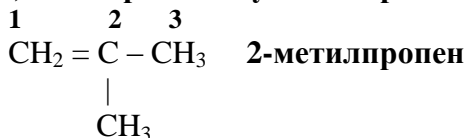


Простейшие алкены образуют следующие одновалентные радикалы:

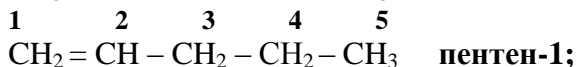
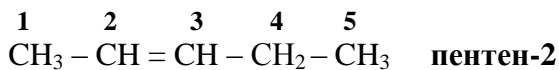


**Изомерия алкенов связана:**

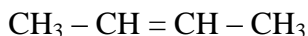
1) со строением углеводородной цепи

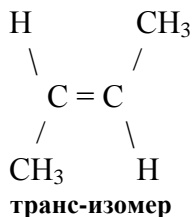
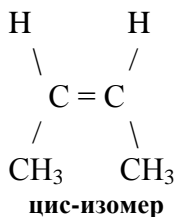


2) с положением ненасыщенной связи



3) с положением заместителей в пространстве (геометрическая цис-, транс-изомерия)

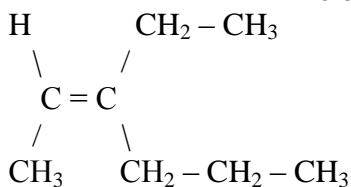
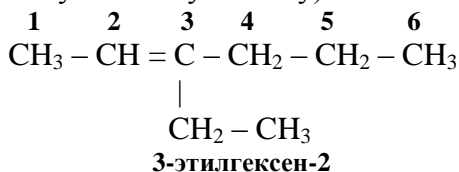




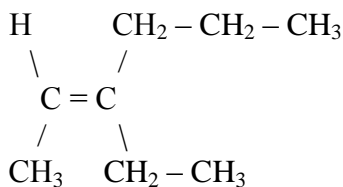
**Цис** – изомерами называются молекулы, в которых имеются одинаковые атомы или группы атомов, находящиеся по одну сторону от двойной связи.

Если одинаковые атомы или группы атомов находятся по разные стороны от двойной связи, то это – **транс** изомеры.

Если все заместители в алкене различные, то выбирают старший заместитель (тот у которого атом, ближайший к двойной связи, имеет большую атомную массу):



**цис-изомер**  
**цис-3-этилгексен-2**



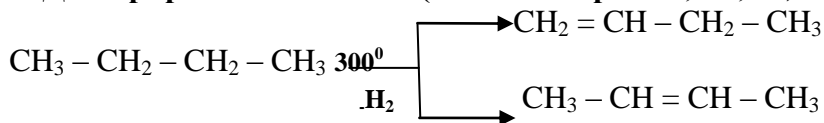
**транс-изомер**  
**транс-3-этилгексен-2**

## 2.2. Способы получения алкенов

### 2.2.1. Промышленные способы получения алкенов

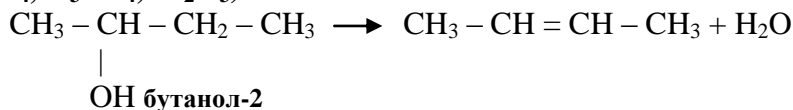
#### 2.2.1.1. Крекинг и пиролиз предельных углеводородов (низшие газообразные алканы)

### 2.2.1.2. Дегидрирование алканов (катализаторы: Pt, Pd, Ni)

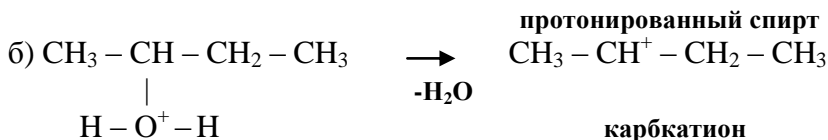
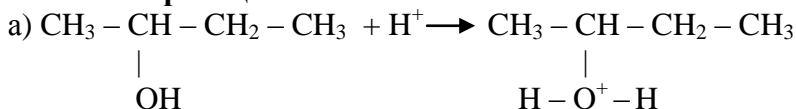


### 2.2.2. Лабораторные способы получения этиленовых углеводородов

#### 2.2.2.1. Дегидратация спиртов в присутствии катализатора ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\text{H}_3\text{PO}_4$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

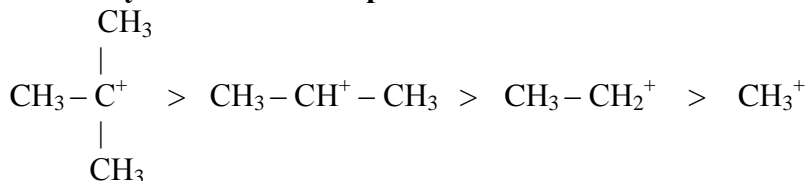


#### Механизм реакции:



$\text{H}^+$  выделяется в соответствии с рядом устойчивости карбокатионов.

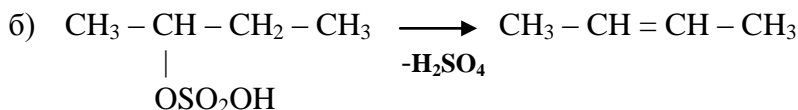
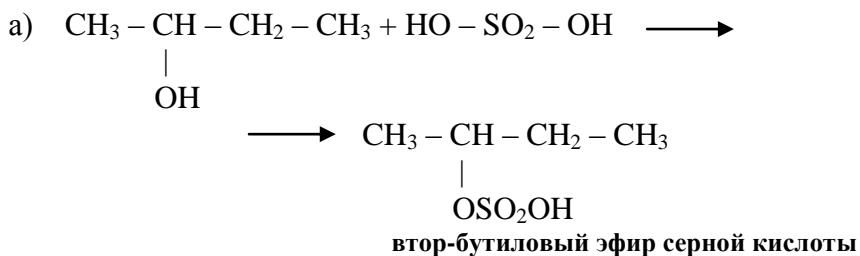
#### Ряд устойчивости карбокатионов :



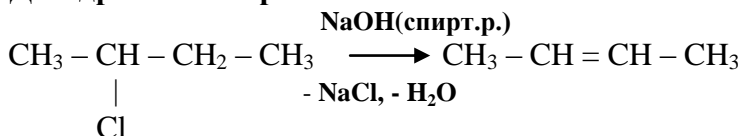
### Правило Зайцева:

водород отщепляется предпочтительно от соседнего, **наименее гидрогенизированного** атома углерода, стоящего рядом с углеродом, несущим галоген или гидроксильную группу.

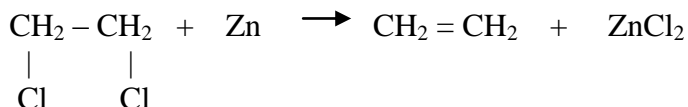
#### 2.2.2.2. Сернокислотная дегидратация



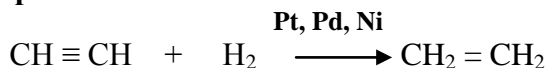
#### 2.2.2.3. Дегидрогалогенирование



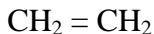
#### 2.2.2.4. Дегалогенирование дигалогенопроизводных



#### 2.2.2.5. Гидрирование алкинов



## 2.3. Структура этиленовых углеводородов



$sp^2$  – гибридизация

Длина связи  $\text{C} = \text{C} - 0,134$  нм.

Валентный угол равен  $120^\circ$ .

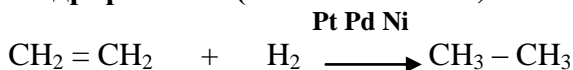
Энергия  $\sigma$  – связи – 350 кДж/моль.

Энергия  $\pi$  – связи – 257,1 кДж/моль.

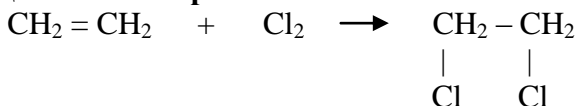
## 2.4. Химические свойства этиленовых углеводородов

### 2.4.1. Реакции присоединения (расщепление $\pi$ – связи)

#### 2.4.1.1. Реакции гидрирования (восстановления)

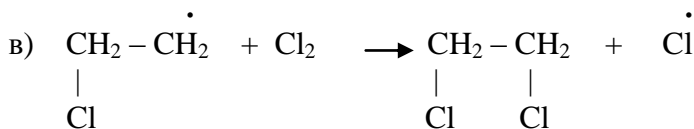
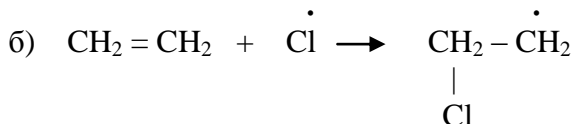
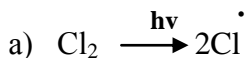


#### 2.4.1.2. Реакции галогенирования

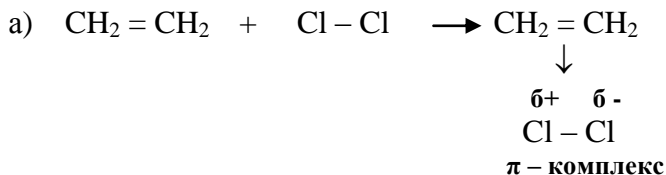


Реакции галогенирования могут протекать по радикальному и ионному механизмам.

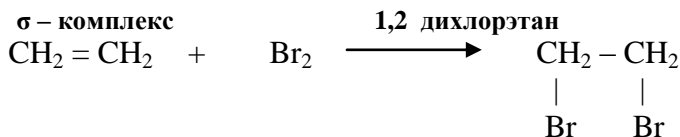
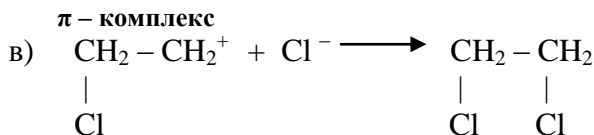
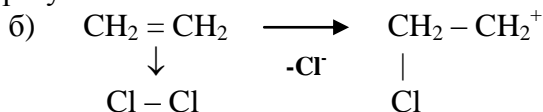
**Радикальный механизм:**



**Ионный механизм:**



Галоген вытягивает пару электронов из двойной связи, образуя  $\pi$  – комплекс



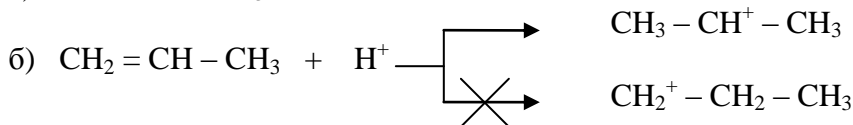
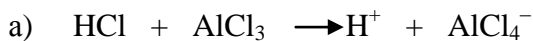
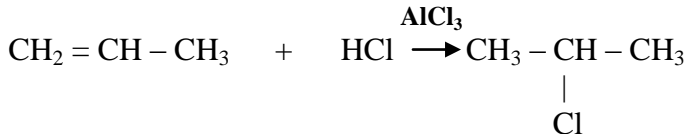
Это качественная реакция на ненасыщенную связь: происходит обесцвечивание раствора.

**2.4.1.3. Реакции гидрогалогенирования**

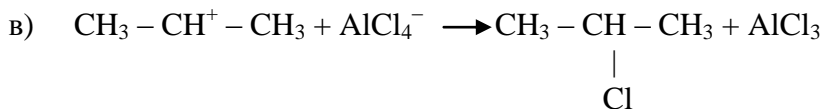
Реакция протекает по двум механизмам.

**Ионный механизм:**

$\text{AlCl}_3, \text{AlBr}_3, \text{FeCl}_3$  – катализаторы Льюиса

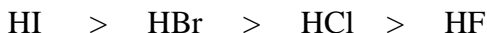




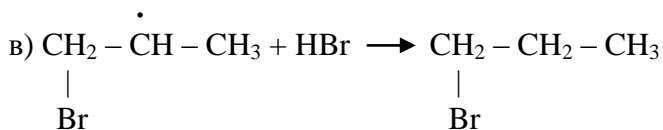
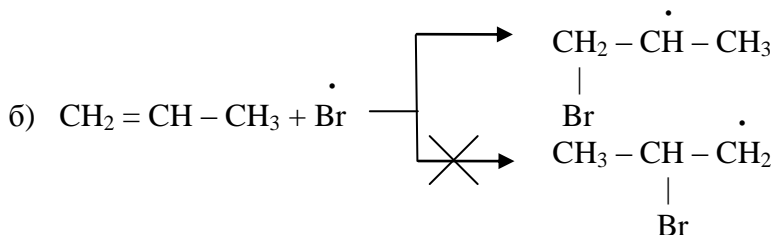
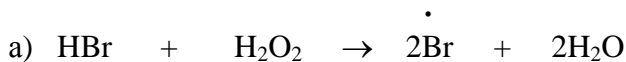
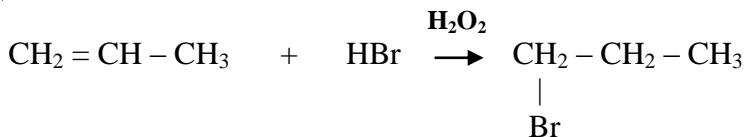


**Правило Марковникова:** в реакциях присоединения галогеноводородов к несимметричным олефинам, водород направляется преимущественно к наиболее гидрированному углеродному атому с двойной связью.

**Реакционная способность галогеноводородов падает в ряду:**



**Радикальный механизм:**

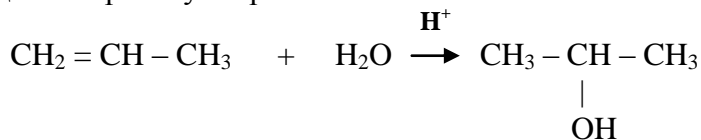


Реакция присоединения галогеноводорода по радикальному механизму протекает **против** правила Марковникова. Такое присоединение называется **перекисный эффект Караша (Хараша – Майо)**.

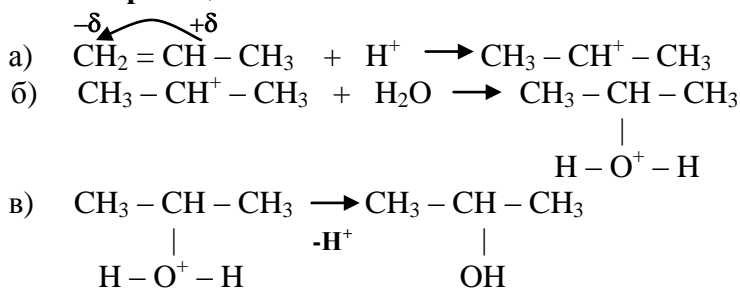
#### 2.4.1.4. Реакции гидратации

Катализаторы реакции –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  .

Реакция идет по правилу Марковникова:

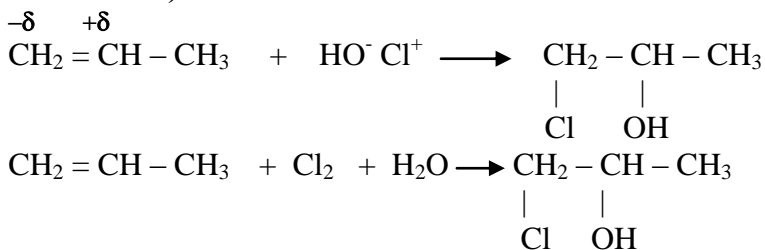


Механизм реакции:

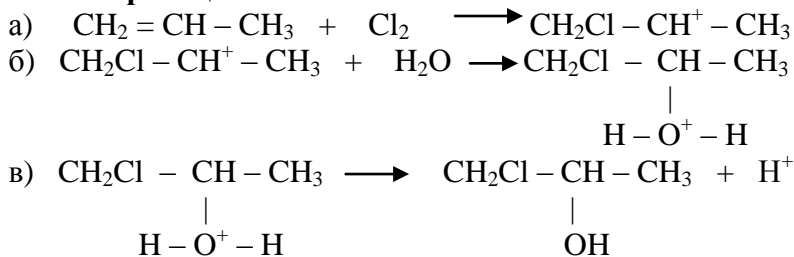


изопропиловый спирт

#### 2.4.1.5. Реакции гипогалогенирования (присоединение гипогалогенных кислот)



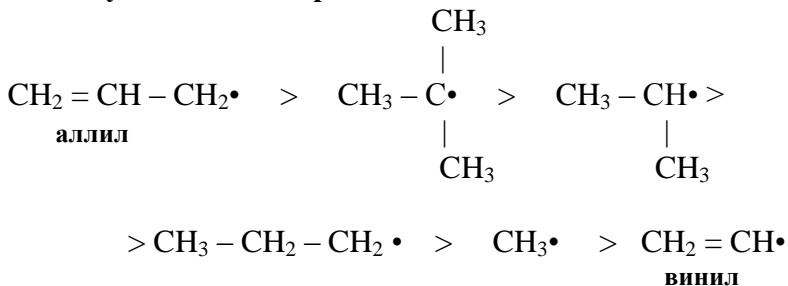
Механизм реакции:



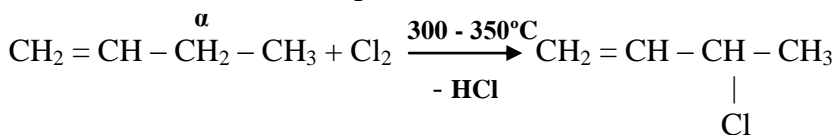
## 2.4.2. Реакции замещения

Реакции замещения протекают согласно ряду устойчивости радикалов.

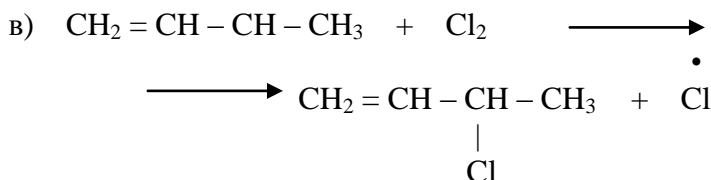
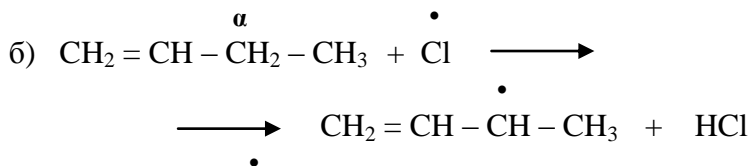
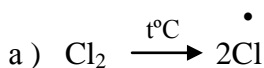
**Ряд устойчивости радикалов:**



### 2.4.2.1. Реакции галогенирования:



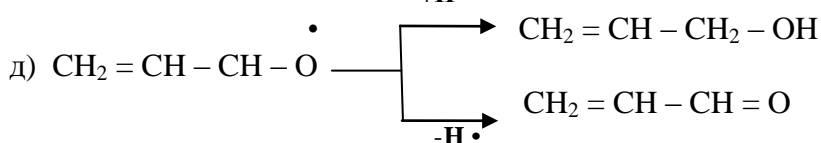
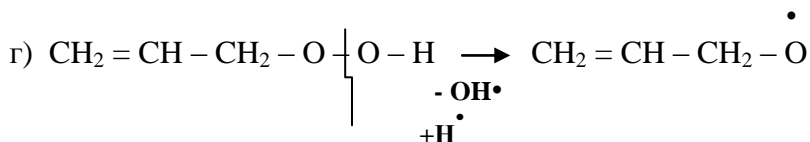
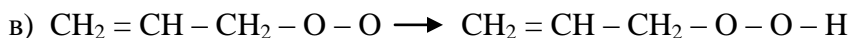
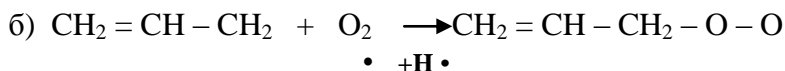
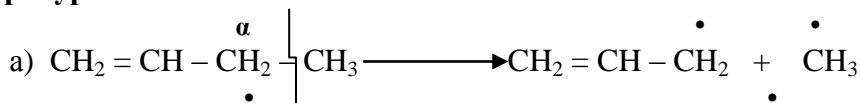
**радикальный механизм:**



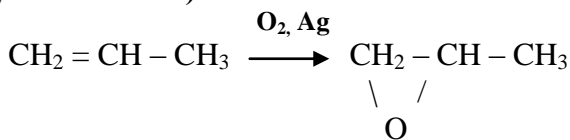
### 2.4.3. Реакции окисления

В зависимости от окислителя можно получить различные продукты окисления.

**2.4.3.1. Окисление кислородом воздуха при высокой температуре**

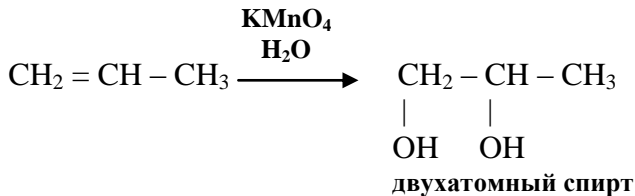


**2.4.3.2. Окисление кислородом воздуха на серебряном катализаторе (получение окиси)**

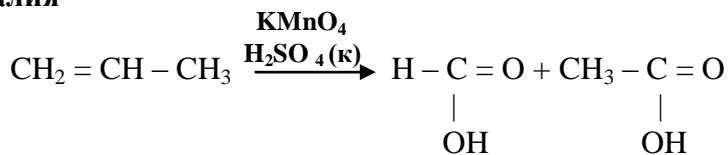


окись пропилена

**2.4.3.3. Окисление водным раствором перманганата калия: качественная реакция на двойную связь – происходит обесцвечивание раствора.**

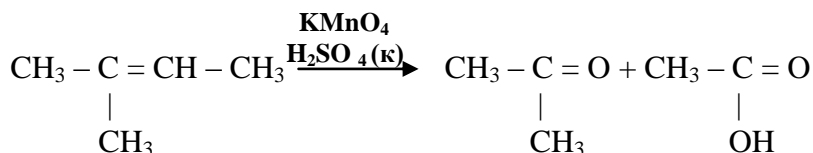


### 2.4.3.4. Окисление концентрированным раствором перманганата калия



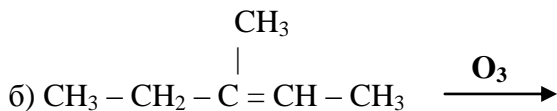
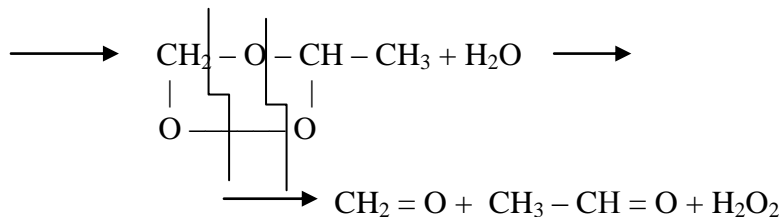
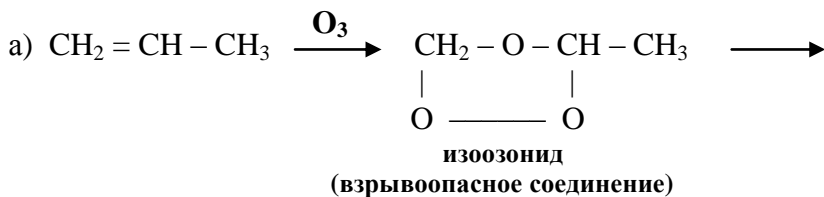
Образуются две кислоты.

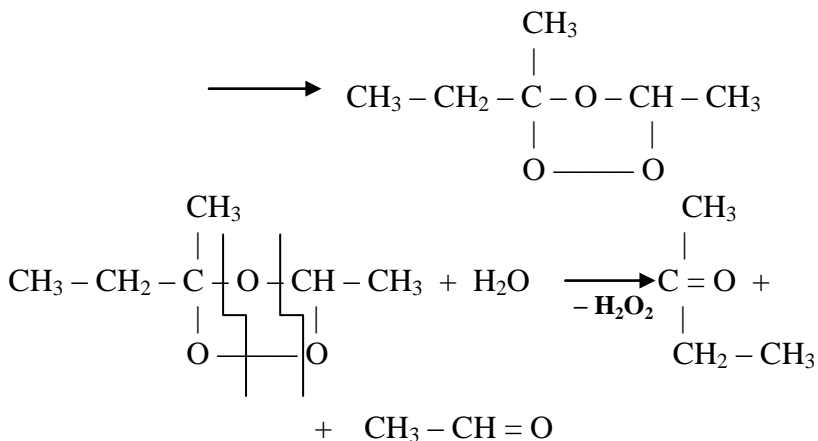
Если имеются два заместителя при углеродном атоме с двойной связью, то образуется кетон и кислота:



### 2.4.3.5. Озонирование (окисление озонем)

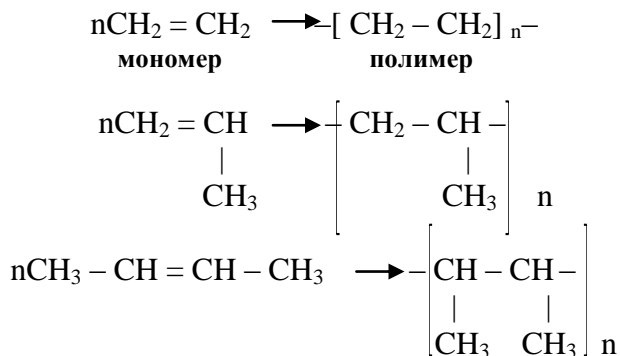
**Реакция Гарриеса** (используется для определения строения олефина):





#### 2.4.4. Реакции полимеризации

**Полимеризация** – процесс образования высокомолекулярного вещества (полимера) путём соединения молекул низкомолекулярного вещества (мономера), протекающий без изменения химического состава и не сопровождающийся образованием побочных продуктов.



**n** – степень полимеризации,

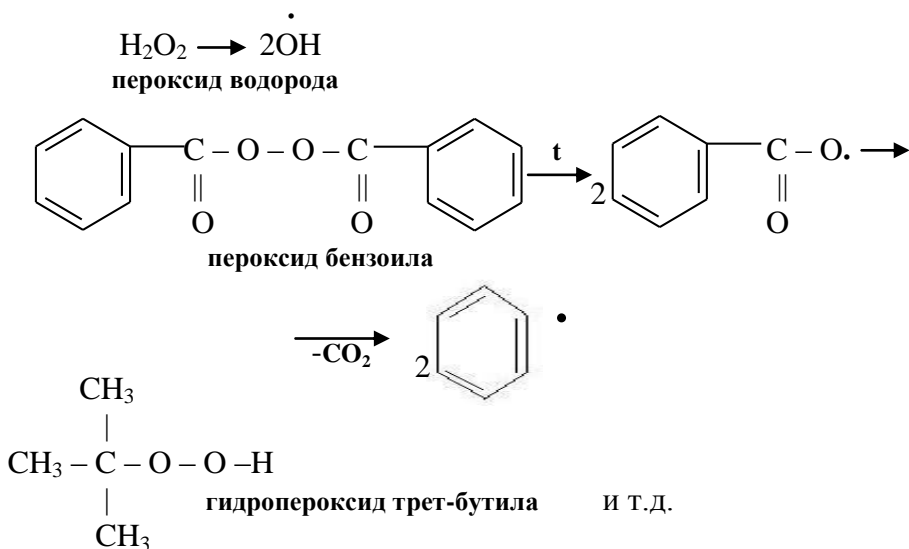
**степень полимеризации** – число мономерных звеньев в молекуле полимера или олигомера.

Реакции полимеризации могут протекать по разным механизмам:

- 1) радикальный механизм;
- 2) ионный механизм:
  - а) катионный;
  - б) анионный.

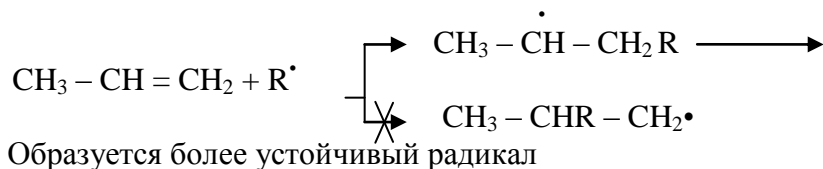
### 1) Радикальный механизм

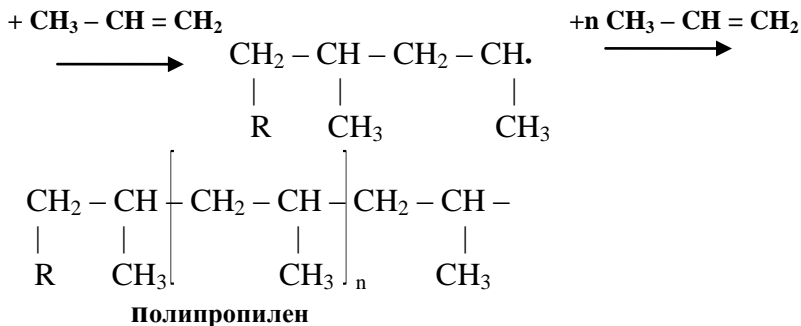
#### Катализаторы радикальной полимеризации:



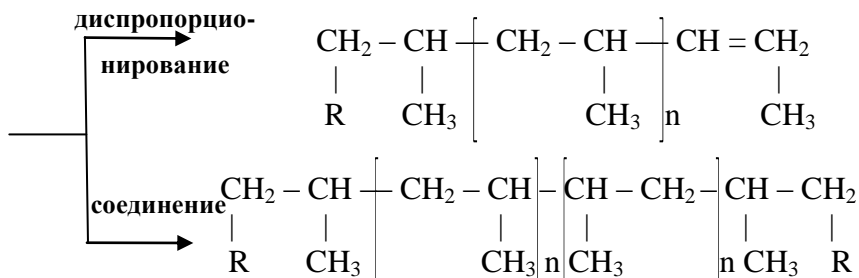
Катализаторы радикальной полимеризации называются **инициаторами**.

#### Механизм радикальной полимеризации:





Обрыв цепи происходит за счет реакций диспропорционирования или соединения (см. тему алканы):

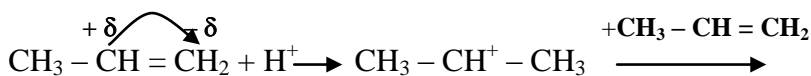
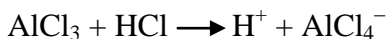


## 2) Ионный механизм

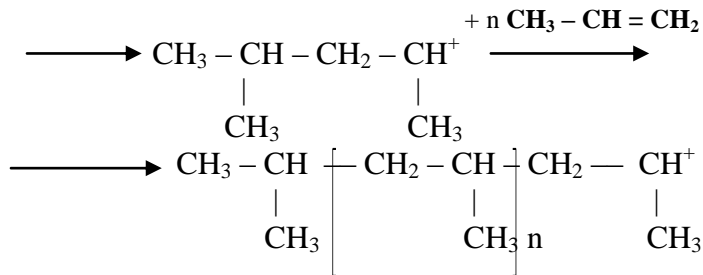
а) катионный механизм реакции полимеризации катализаторы:

- протонные кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ );
- апротонные кислоты ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AlBr}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{FeBr}_3$ ) вместе с сокатализаторами ( $\text{HBr}$ ,  $\text{HCl}$ ).

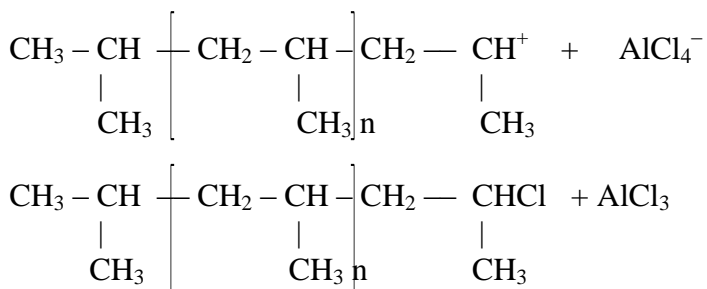
При взаимодействии апротонной кислоты с сокатализатором происходит образование протона водорода:





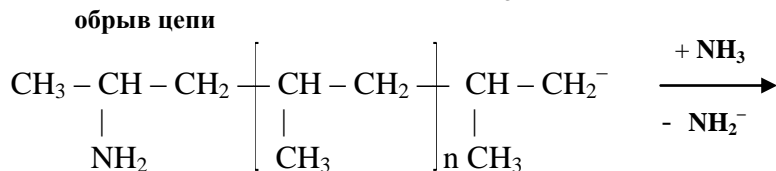
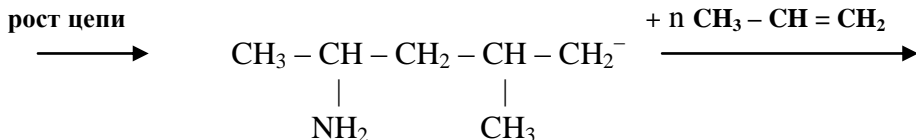
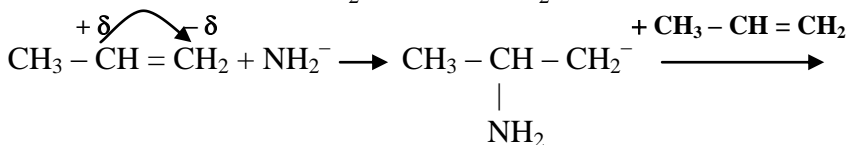


Обрыв цепи происходит за счет взаимодействия с  $\text{AlCl}_4^-$



### б) механизм реакции анионной полимеризации

катализаторы: соли щелочных металлов ( $\text{KNH}_2$ ,  $\text{NaNH}_2$ )





### 3. АЛКИНЫ (АЦЕТИЛЕНЫ)

**Алкинами** называются соединения, молекулы которых содержат углеродный атом, имеющий тройную связь с другим атомом углерода.

$\text{CH} \equiv \text{CH}$  - ацетилен

Общая формула:  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .

#### 3.1. Номенклатура и изомерия

Таблица 3.1

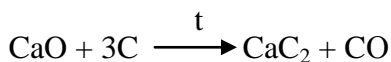
##### Номенклатура алкинов

<i>Формула</i>	<i>Рациональная номенклатура</i>	<i>Систематическая номенклатура</i>
$\text{CH} \equiv \text{HC}$	ацетилен	этин
$\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{CH}$	метилацетилен	пропин
$\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$	диметилацетилен	бутин-2
$\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	пропилацетилен	пентин-1
$\begin{array}{c} \text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	изопропилацетилен	3-метилбутин-1

#### 3.2. Способы получения алкинов

##### 3.2.1. Промышленные способы получения ацетилена

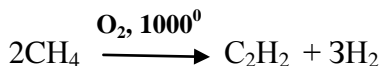
##### 3.2.1.1. Получение ацетилена из карбида кальция





карбид кальция

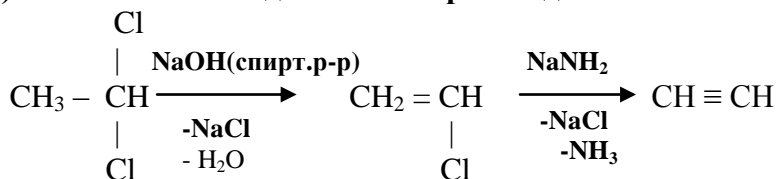
### 3.2.1.2. Получение ацетилена окислением метана



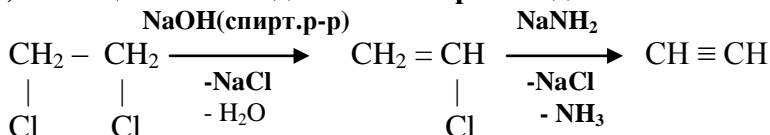
## 3.2.2. Лабораторные способы получения

### 3.2.2.1. Получение из дигалогенопроизводных углеводородов

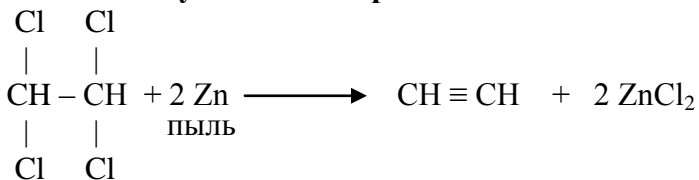
а) из геминальных дигалогенопроизводных:



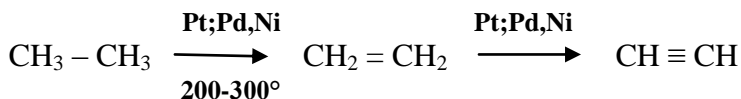
б) из вицинальных дигалогенопроизводных:



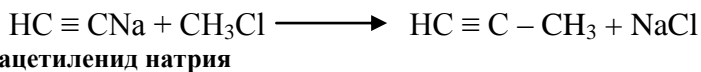
### 3.2.2.2. Получение из тетрагалогенидов



### 3.2.2.3. Дегидрирование алканов и алкенов

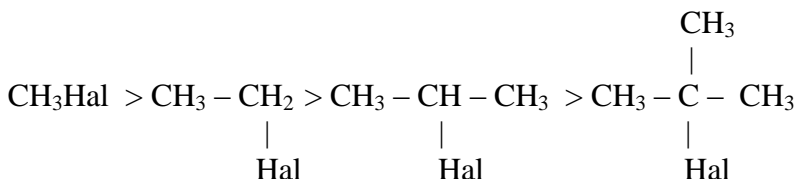


### 3.2.2.4. Получение из ацетиленидов щелочных металлов



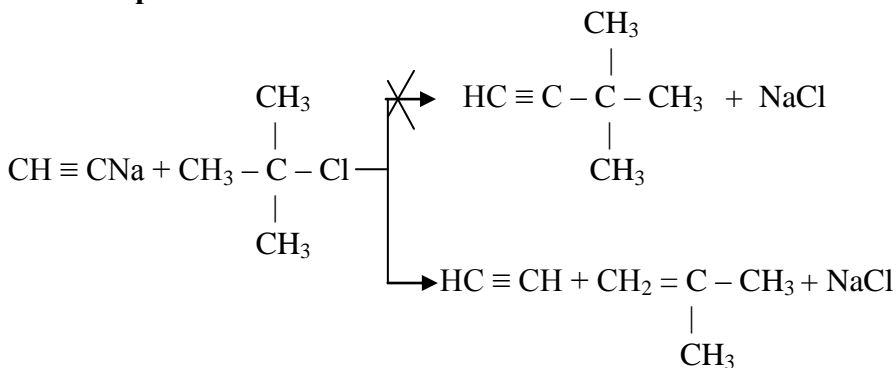
В этих реакциях необходимо учитывать реакционную способность галогеналкилов.

**Реакционная способность галогеналкилов:**

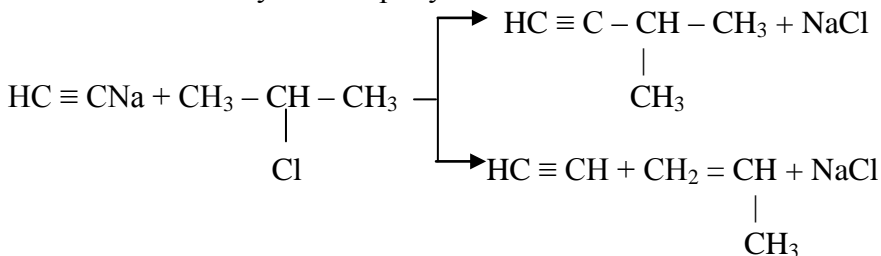


**первичные > вторичные > третичные**

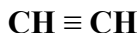
В случае третичного галогеналкила протекает реакция элиминирования:



При наличии вторичного галогеналкила образуется смесь, состоящая из следующих продуктов:



### 3.3. Строение алкинов



sp - гибридизация

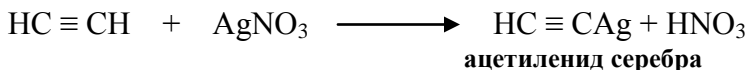
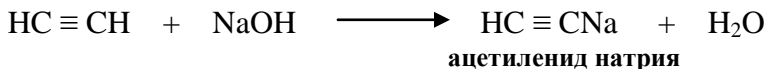
Таблица 3.2

Сравнительная характеристика длин и энергий связей

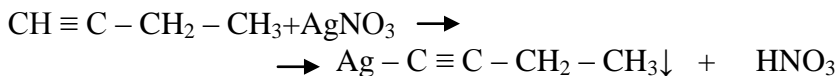
	длина связи (нм)	$E_{св}$ (кДж/моль)
алканы $\bar{\sigma}$	0,154	350
алкены $\bar{\sigma} + \pi$	0,134	$350+257,1=607,1$
алкины $\bar{\sigma} + 2\pi$	0,120	$350+257,1+215,6=822,7$

### 3.4. Химические свойства алкинов

#### 3.4.1. Кислотные свойства (получение ацетиленидов щелочных и тяжелых металлов)



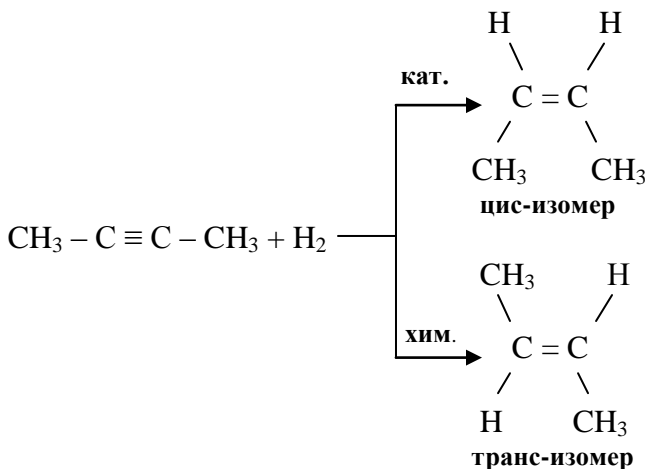
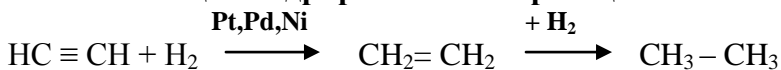
**качественная реакция на концевую тройную связь:**



**нет водорода при углероде с тройной связью**

### 3.4.2. Реакции электрофильного присоединения

#### 3.4.2.1. Реакции гидрирования или реакции восстановления

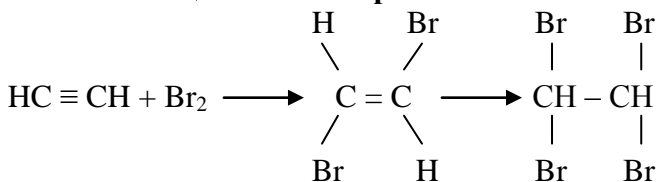


Существует два вида реакций восстановления:

а) **каталитическое восстановление** ( $\text{H}_2$  подается из резервуара и процесс идет в присутствии катализатора);

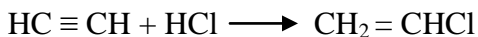
б) **химическое восстановление** ( $\text{H}_2$  выделяется в результате химической реакции).

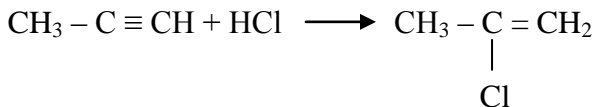
#### 3.4.2.2. Реакции галогенирования



**Качественная реакция на наличие двойной связи:**  
происходит обесцвечивание раствора

#### 3.4.2.3. Реакции гидрогалогенирования

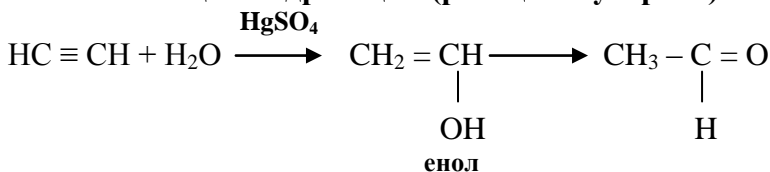




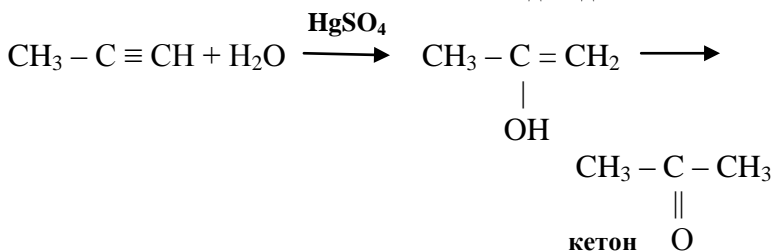
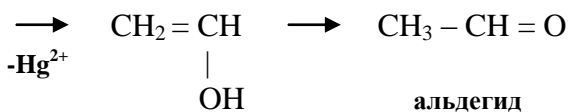
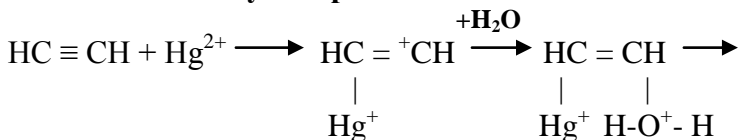
Реакции идут по правилу Марковникова

### 3.4.3. Реакции нуклеофильного присоединения (реакции идут по правилу Марковникова)

#### 3.4.3.1. Реакции гидратации (реакция Кучерова)

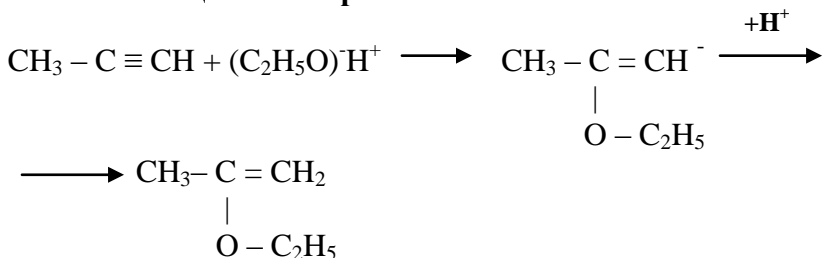


По правилу Эльтекова при образовании **енола** происходит **кетоенольная таутомерия**.

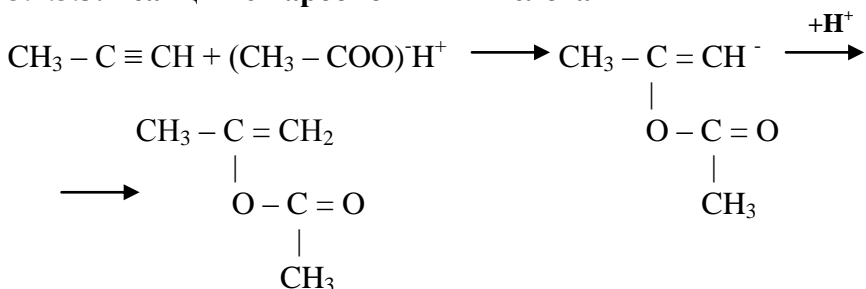




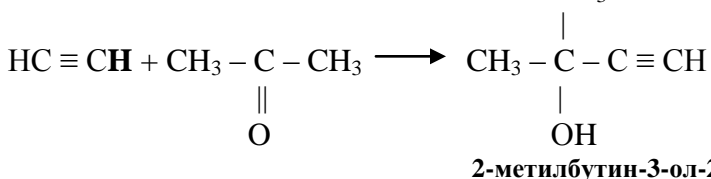
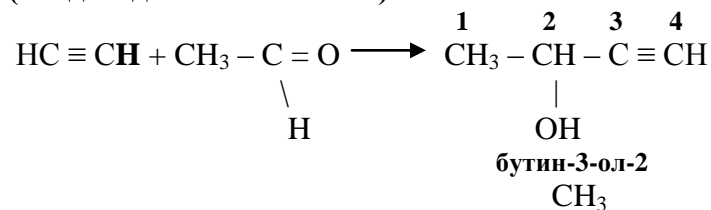
### 3.4.3.2. Реакции со спиртом



### 3.4.3.3. Реакции с карбоновыми кислотами



### 3.4.4. Реакции конденсации с карбонильными соединениями (альдегидами и кетонами)

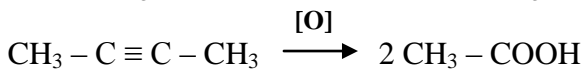
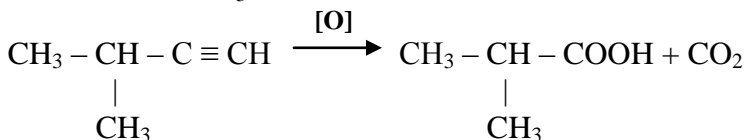
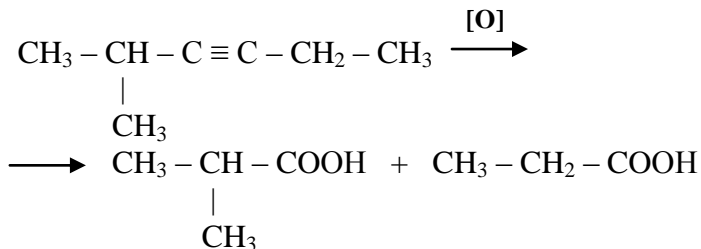
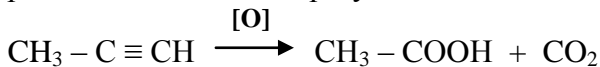


В реакцию вступает водород при углероде с тройной связью



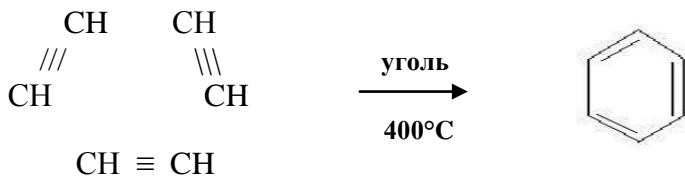
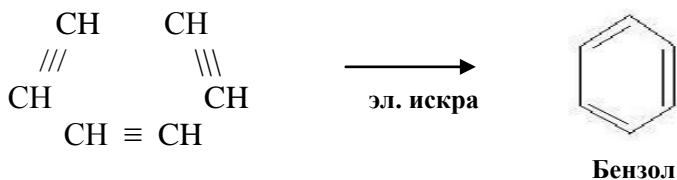
### 3.4.5. Реакции окисления

Если имеется концевая тройная связь, то в результате реакции окисления образуется  $\text{CO}_2$ .

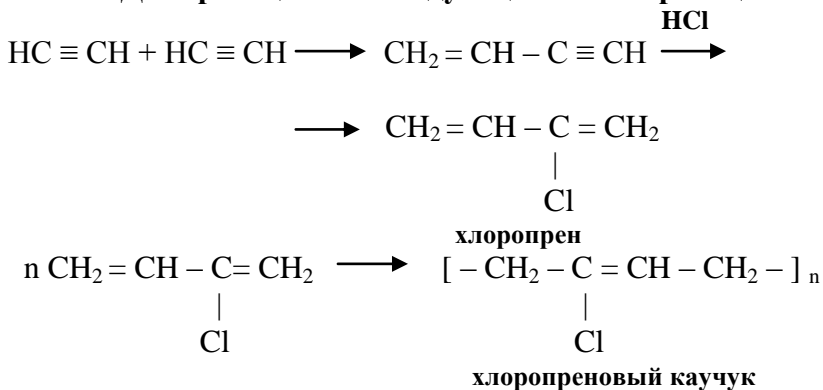


### 3.4.6. Реакции полимеризации

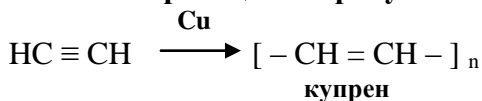
#### 3.4.6.1. Тримеризация ацетилена



### 3.4.6.2. Димеризация с последующей полимеризацией



### 3.4.6.3. Полимеризация в присутствии катализатора Cu



## 4. ДИЕНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

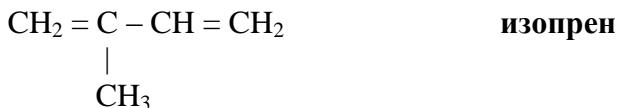
Общая формула диеновых углеводородов:  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .

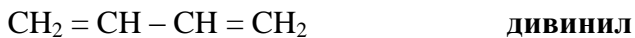
### 4.1. Классификация диеновых углеводородов

#### 4.1.1. Диены с кумулированными связями:

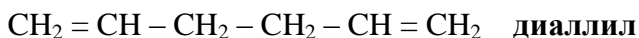


#### 4.1.2. Диены с сопряженными связями:



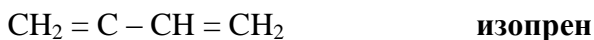
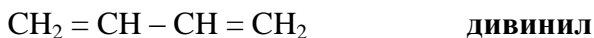


#### 4.1.3. Диены с изолированными связями:



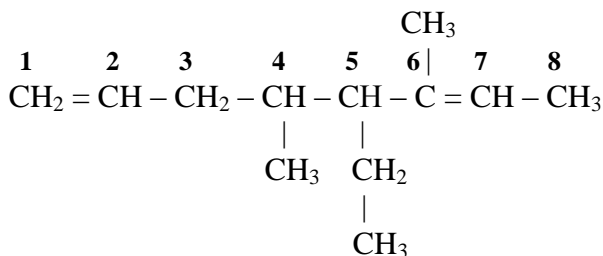
### 4.2. Изомерия и номенклатура диеновых углеводородов

#### 4.2.1. Эмпирическая (тривиальная) номенклатура



#### 4.2.2. Систематическая номенклатура



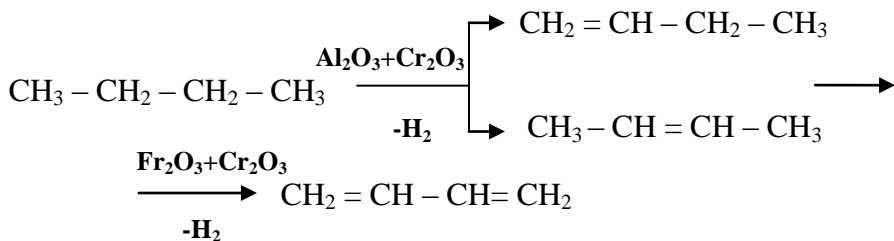


4,6 – диметил – 5 – этилоктадиен – 1,6

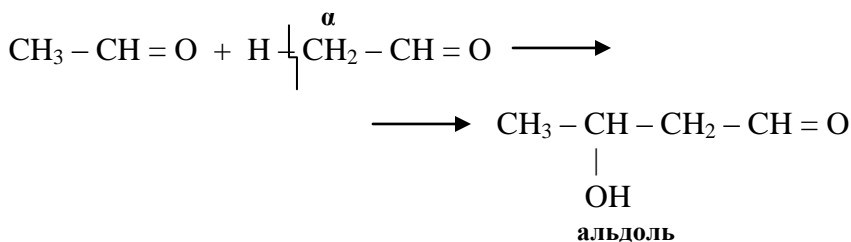
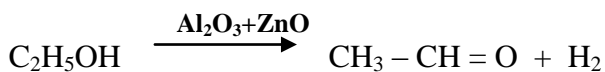
### 4.3. Способы получения диеновых углеводородов

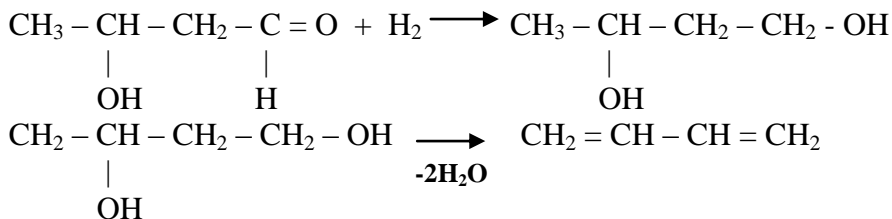
#### 4.3.1. Способы получения дивинила (бутадиена)

##### 4.3.1.1. Двухстадийное дегидрирование бутана

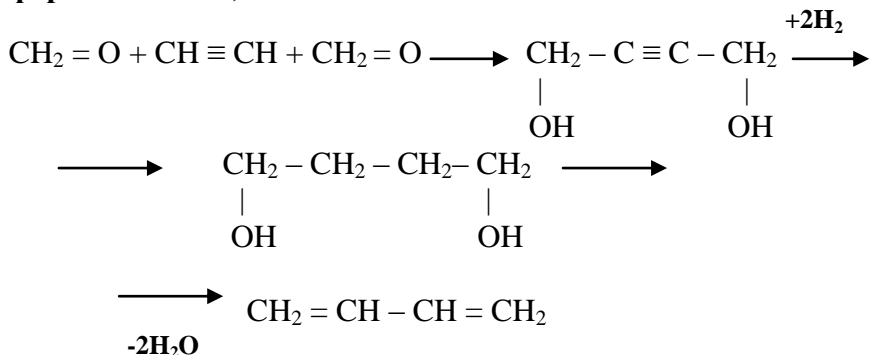


##### 4.3.1.2. Реакция Лебедева

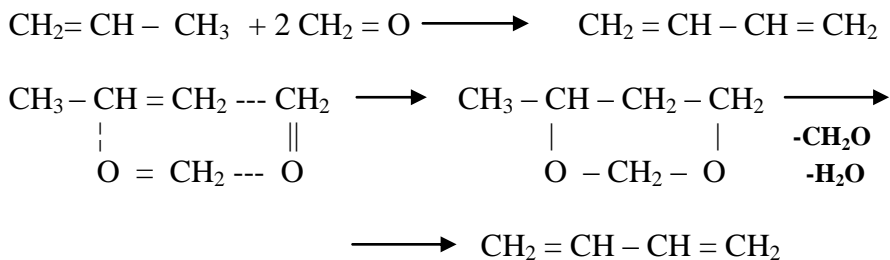




#### 4.3.1.3. Реакция Реппе (синтез бутадиена из ацетилен и формальдегида)

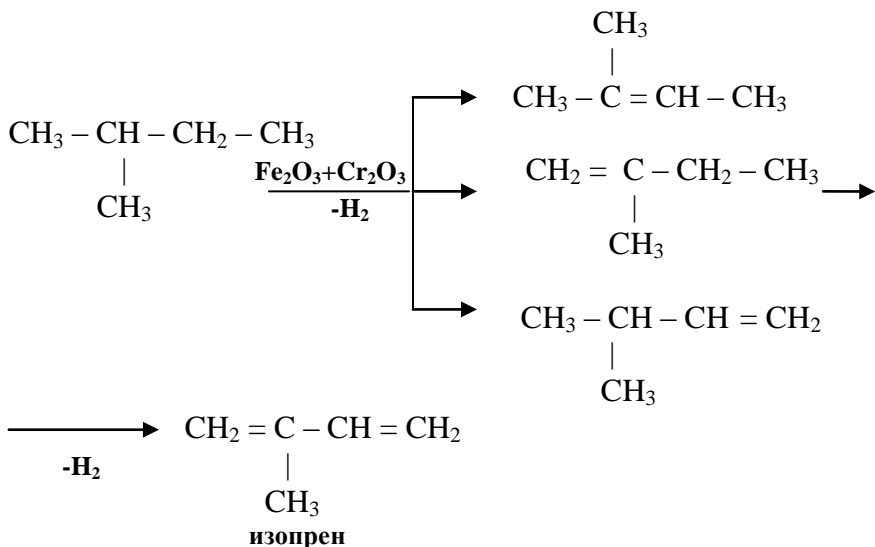


#### 4.3.1.4. Реакция Принса (конденсация пропилена с формальдегидом)

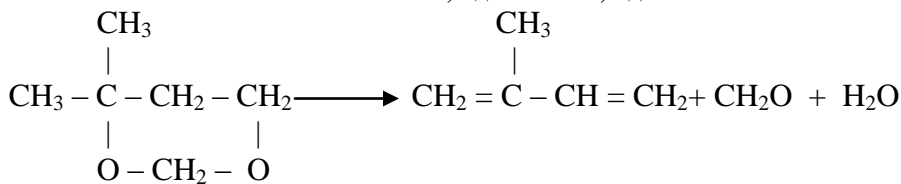
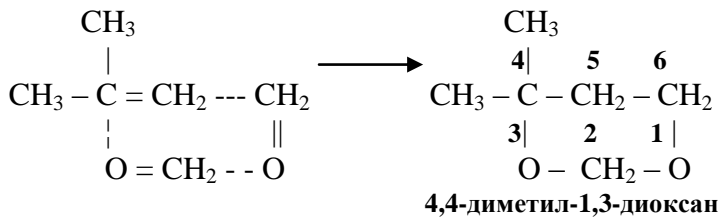
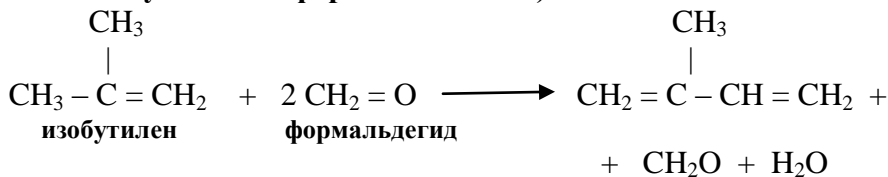


### 4.3.2. Способы получения изопрена

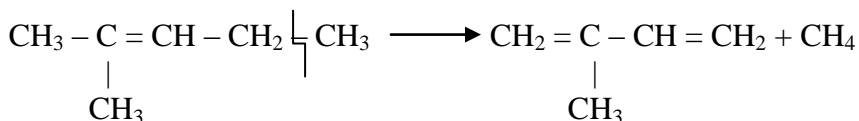
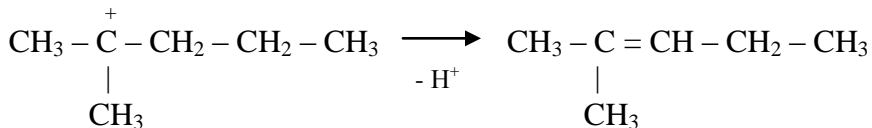
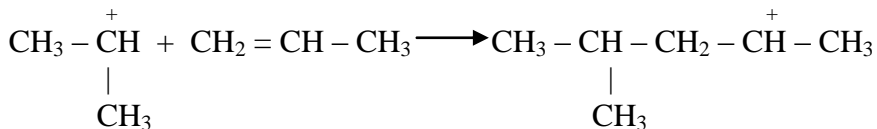
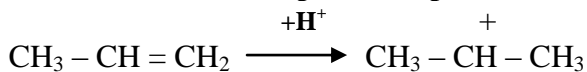
#### 4.3.2.1. Дегидрирование изопентана



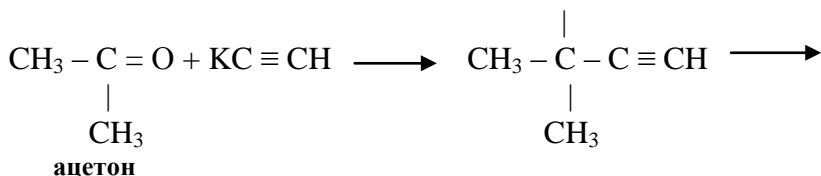
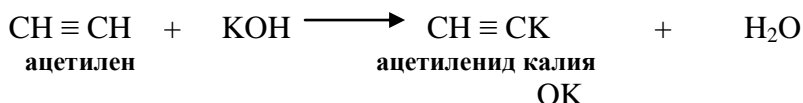
#### 4.3.2.2. Реакция Принса (получение изопрена взаимодействием изобутилена с формальдегидом)



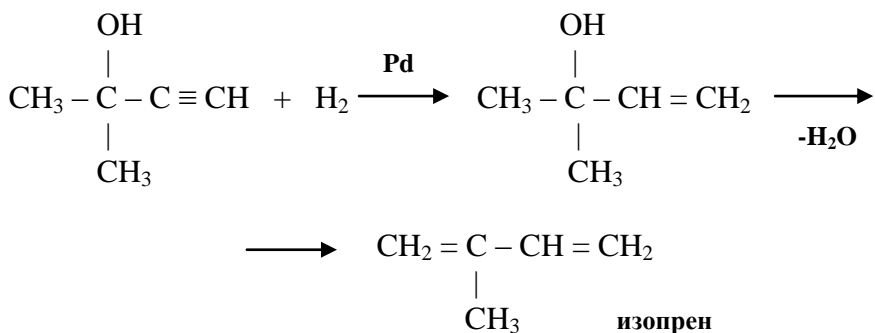
### 4.3.2.3. Синтез изопрена из пропилена



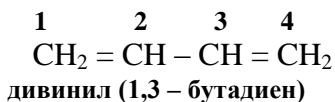
### 4.3.2.4. Реакция Фаворского







#### 4.4. Строение сопряжённых диеновых углеводородов



Гибридизация –  $sp^2$ .

Валентный угол -  $120^\circ$ .

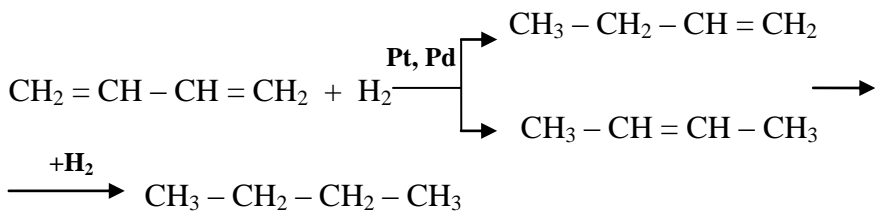
Длина связи между  $\text{C}_2$  и  $\text{C}_3$  - 0,146 нм.

Длина связей между  $\text{C}_1, \text{C}_2$  и  $\text{C}_3, \text{C}_4$  - 0,136 нм.

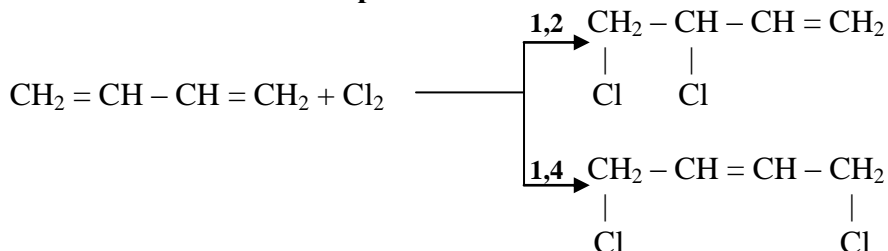
#### 4.5. Химические свойства

Сопряжённые диены вступают в реакции 1,2 и 1,4- присоединения.

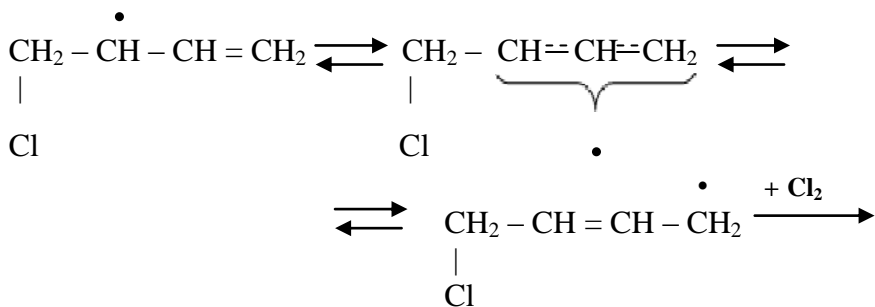
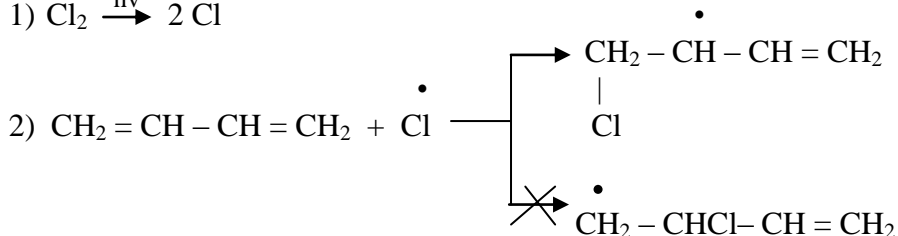
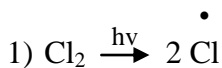
##### 4.5.1. Реакции гидрирования



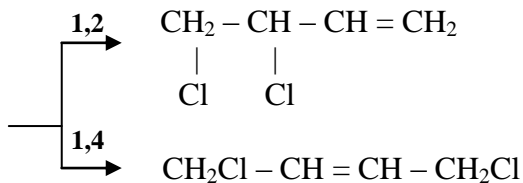
### 4.5.2. Реакции галогенирования



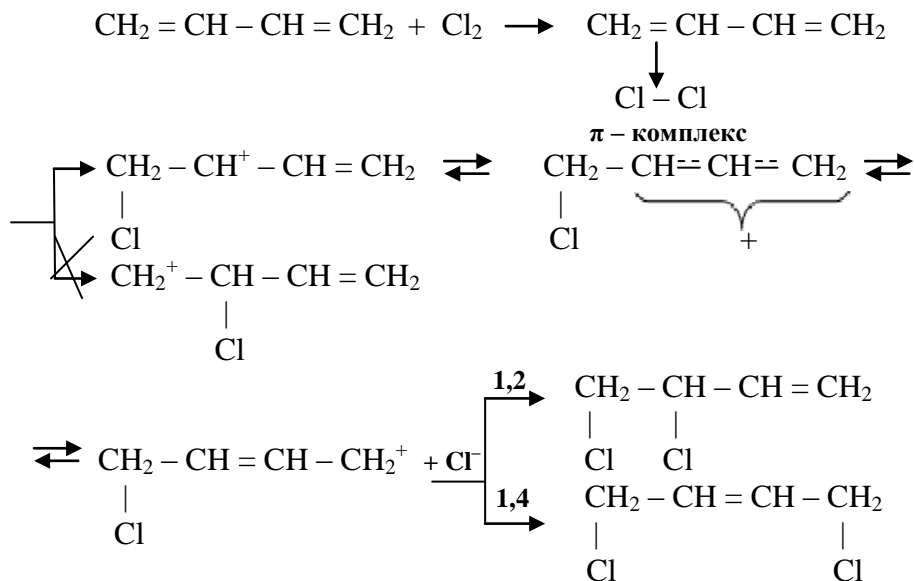
**Радикальный механизм:**



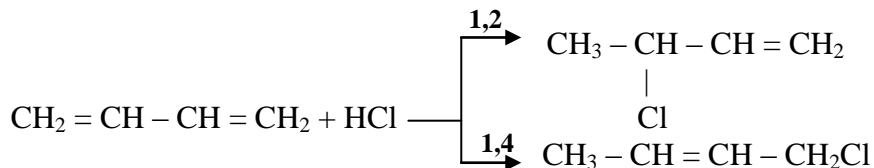
**аллильный радикал**



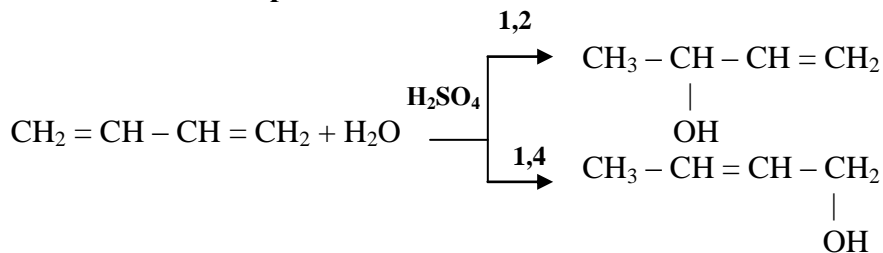
### Ионный механизм:



#### 4.5.3. Реакции гидрогалогенирования

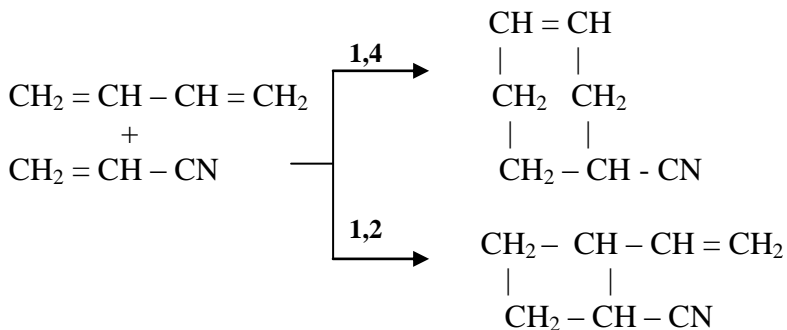


#### 4.5.4. Реакции гидратации



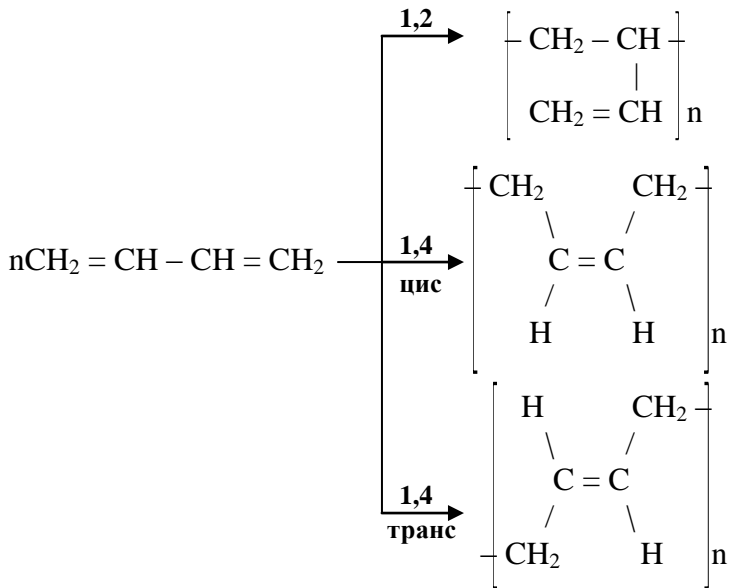


#### 4.5.7. Реакции диенового синтеза:

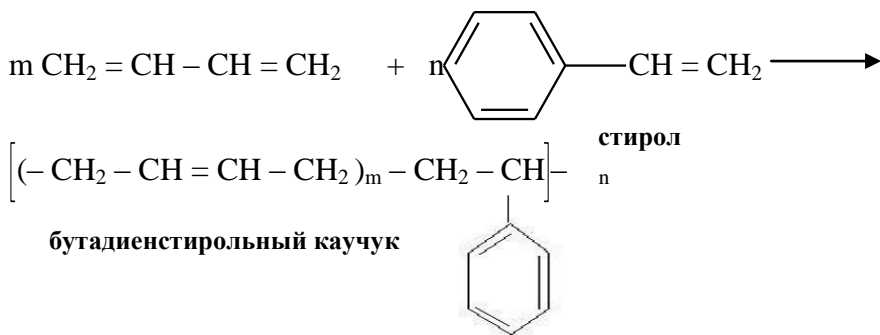


**Диенофилы:** алкены, алкины, ненасыщенные карбоновые кислоты, нитрилы ненасыщенных карбоновых кислот, ангидриды ненасыщенных карбоновых кислот.

#### 4.5.8. Реакции полимеризации:



## 4.5.9. Реакции сополимеризации

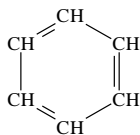


## 5. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

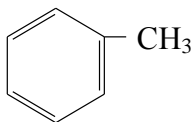
### 5.1. Классификация ароматических углеводородов

**5.1.1.** Простые ароматические углеводороды, содержащие в своей молекуле одну **бензольную** группировку.

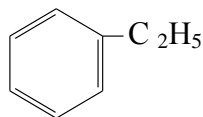
Общая формула:  $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ .



бензол



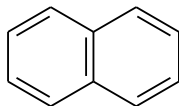
метилбензол



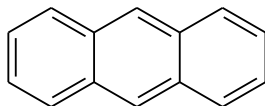
этилбензол

**5.1.2.** Сложные ароматические углеводороды (несколько бензольных группировок):

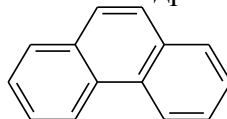
1) ароматические соединения с конденсированными ядрами



нафталин

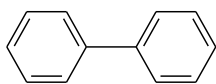


антрацен

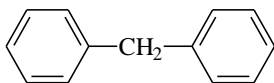


фенантрен

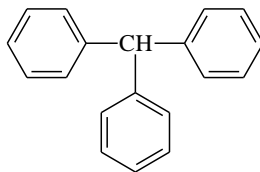
2) ароматические соединения с неконденсированными ядрами



дифенил



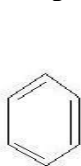
дифенилметан



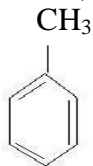
трифенилметан

## 5.2. Номенклатура ароматических углеводородов

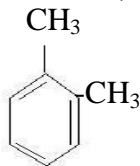
### 5.2.1. Тривиальная (эмпирическая) номенклатура



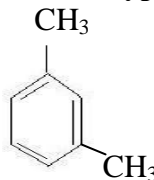
бензол



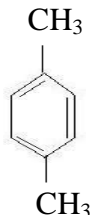
толуол



орто-ксилол



мета-ксилол



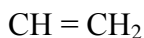
пара-ксилол



кумол



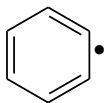
цимол



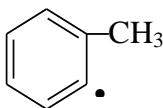
стирол

### 5.2.2. Рациональная номенклатура

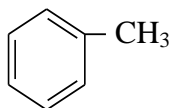
Необходимо знать названия следующих радикалов:



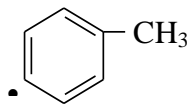
фенил



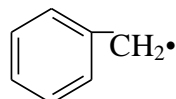
орто-толил



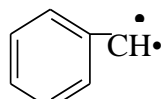
мета-толил



пара-толил

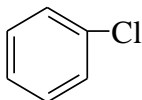


бензил

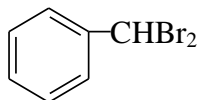


бензилиден

Например:

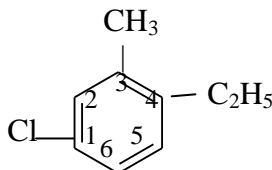


хлористый фенил  
фенилхлорид

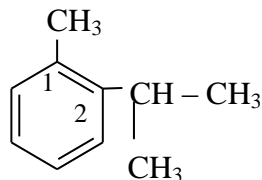


бромистый бензилиден

### 5.2.3. Систематическая номенклатура



3 – метил – 1 – хлоро – 4 – этилбензол



1 – метил – 2 – изопропилбензол  
орто – метилизопропилбензол

## 5.3. Способы получения ароматических углеводов

### 5.3.1. Промышленные способы получения

#### 5.3.1.1. Получение из нефти:

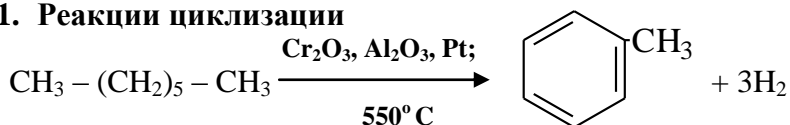
**Фракции нефти:**

- $T_{\text{кип.}}$  до **170°C** – легкое масло (содержит ароматические углеводороды с одним бензольным кольцом);
- $T_{\text{кип.}}$  от **170** до **230°C** – среднее масло (содержит фенолы);
- $T_{\text{кип.}}$  от **230** до **270°C** – тяжелое масло (содержит нафталин и его гомологи);
- $T_{\text{кип.}}$  от **270** до **340°C** – антраценовое масло (содержит антрацены).

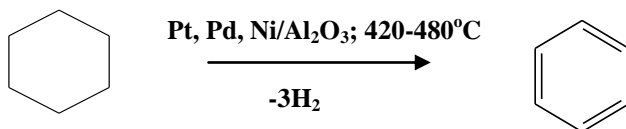


## 5.3.2. Лабораторные способы получения

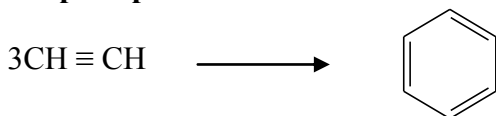
### 5.3.2.1. Реакции циклизации



### 5.3.2.2. Дегидрирование циклогексана и его гомологов

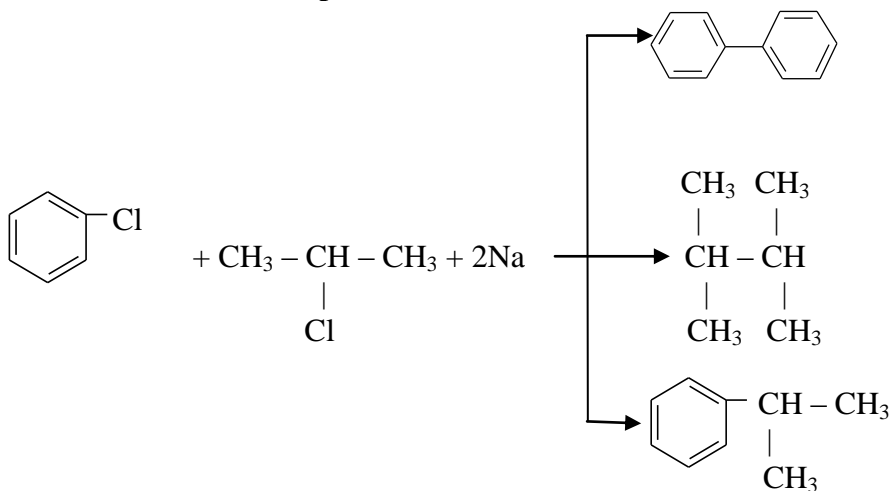


### 5.3.2.3. Тримеризация ацетилена

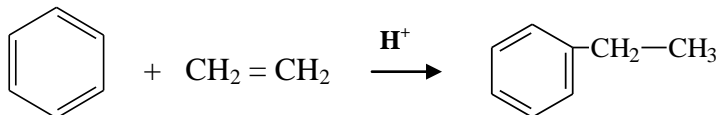


М. Бергло получал небольшие количества бензола, пропуская через ацетилен электрический разряд. С большим выходом ацетилен полимеризуется по Н.Д. Зелинскому при пропускании газа над активированным углём при 450-650°C.

### 5.3.2.4. Реакция Вюрца – Фиттига

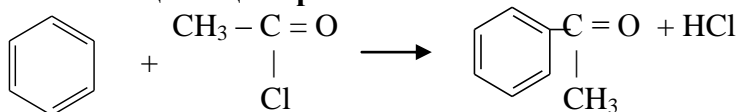


### 5.3.2.5. Реакции Фриделя – Крафтса – Густавсона (реакции алкилирования)



**Катализаторы: протонные и апротонные кислоты (кислоты Льюиса).**

### 5.3.2.6. Реакции ацилирования



галогенангидрид  
уксусной кислоты

**Катализаторы: апротонные кислоты (кислоты Льюиса)**

## 5.4. Структура ароматических углеводородов

**C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> – бензол**

Тип гибридизации: sp<sup>2</sup>.

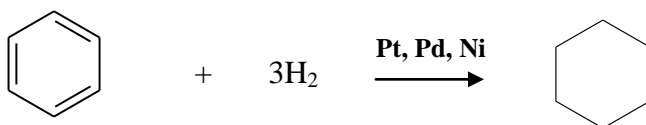
Валентный угол: 120°.

Длина связи между углеродными атомами: 0,140 нм.

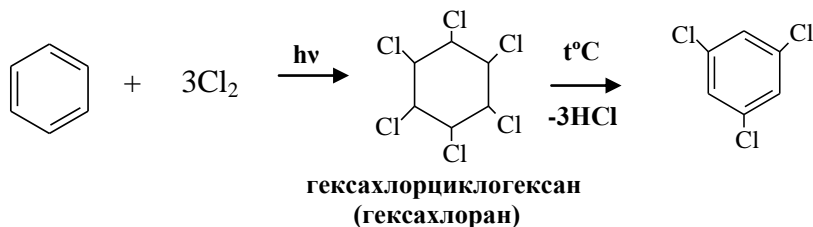
## 5.5. Химические свойства

### 5.5.1. Реакции присоединения

#### 5.5.1.1. Реакции гидрирования (восстановления)

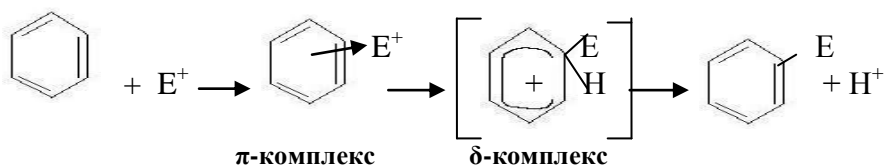


### 5.5.1.2. Реакции галогенирования



### 5.5.2. Реакции электрофильного замещения

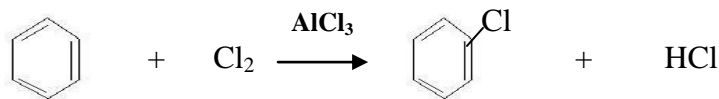
общий механизм реакции:



К реакциям электрофильного замещения относятся следующие реакции:

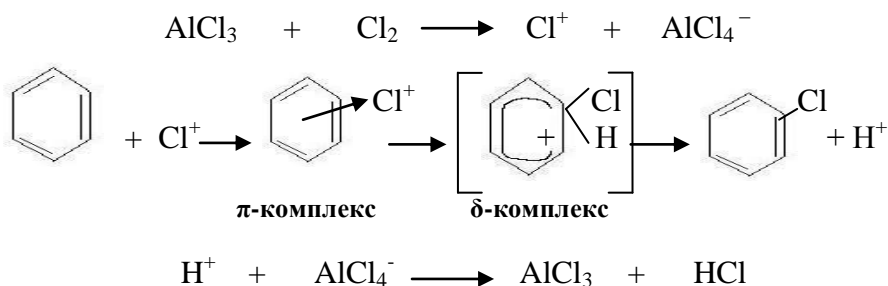
- 1) реакции галогенирования;
- 2) реакции алкилирования:
  - а) алкилирование галогеналкилами;
  - б) алкилирование олефинами;
- 3) реакции нитрования;
- 4) реакции сульфирования;
- 5) реакции ацилирования.

#### 5.5.2.1. Реакции галогенирования



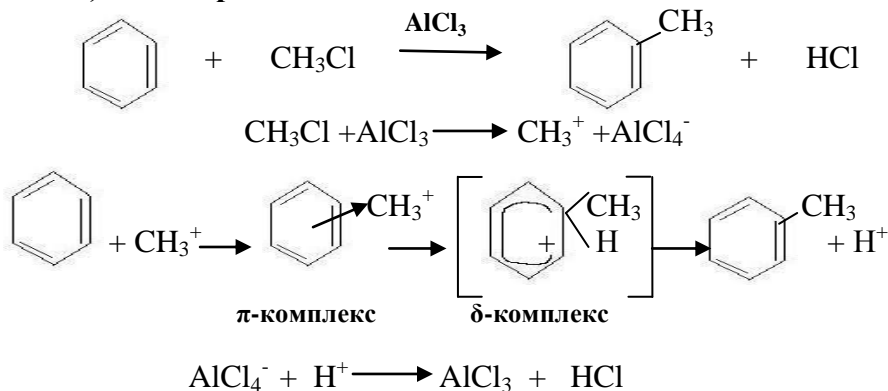
**Катализаторы:** апротонные кислоты (кислоты Льюиса)

### Механизм реакции:

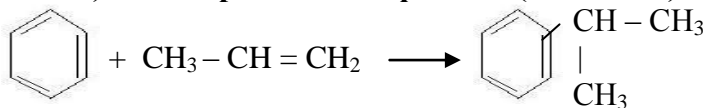


### 5.5.2.2. Реакции алкилирования:

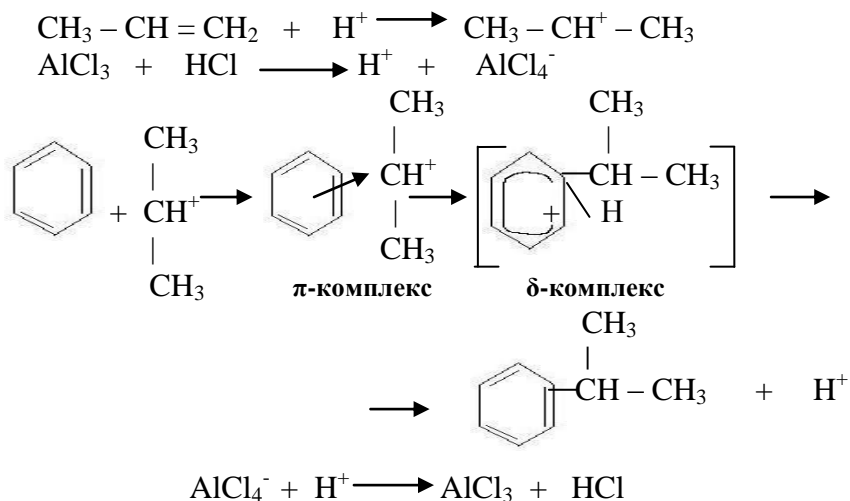
#### а) алкилирование галогеналкилами



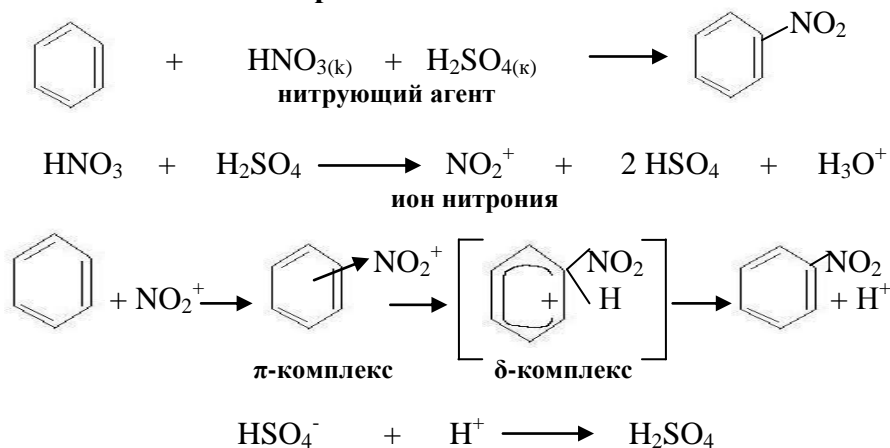
#### б) алкилирование олефинами (алкенами)



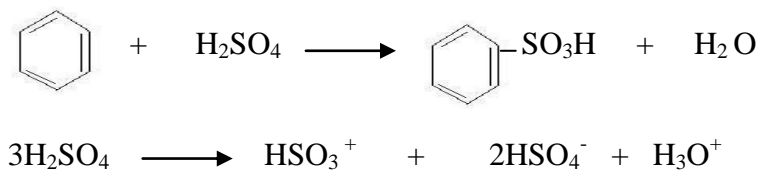
Катализаторами процесса являются протонные кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) или апротонные кислоты ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AlBr}_3$ ) совместно с сокатализаторами ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ).

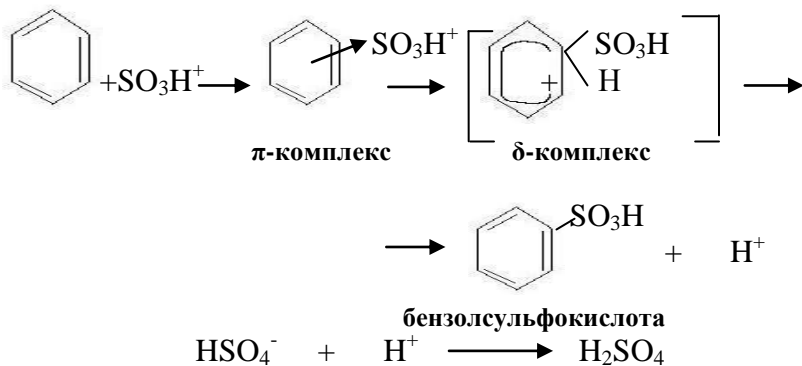


### 5.5.2.3. Реакции нитрования

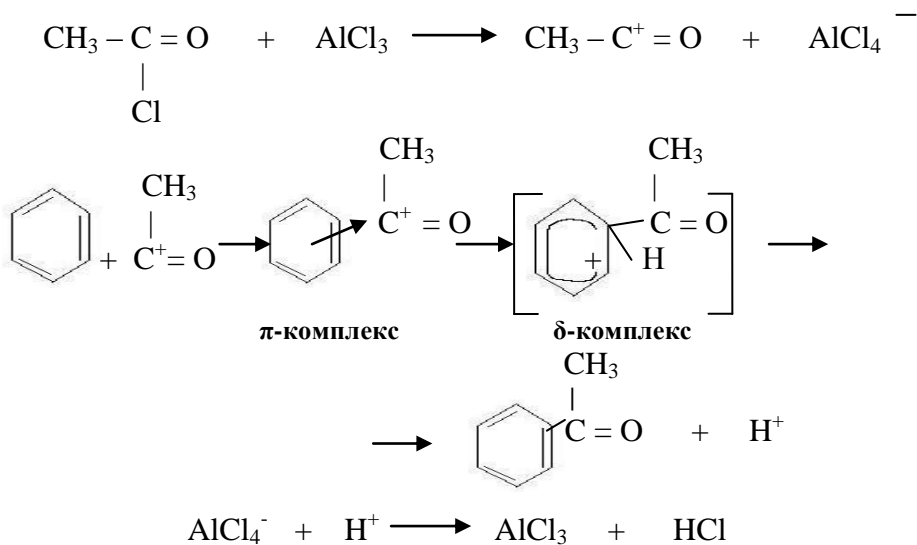
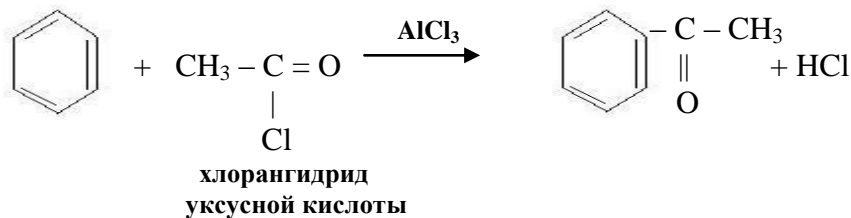


### 5.5.2.4. Реакции сульфирования





### 5.5.2.5. Реакции ацилирования

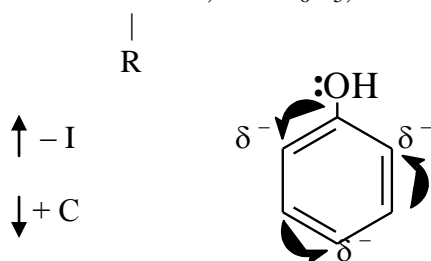
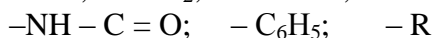


На вхождение электрофильного агента в бензольное кольцо большое влияние оказывают атомы или группы атомов уже имеющиеся при углероде бензольного кольца, эти атомы или группы атомов называются **заместителями**.

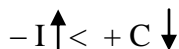
### Классификация заместителей

#### 1. Заместители первого рода (орто- и пара- ориентанты):

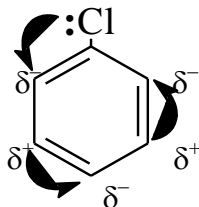
##### 1) активирующие:



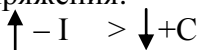
В момент химической реакции, эффект сопряжения преобладает над индуктивным эффектом:



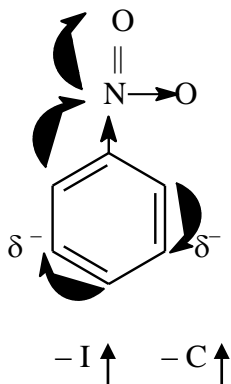
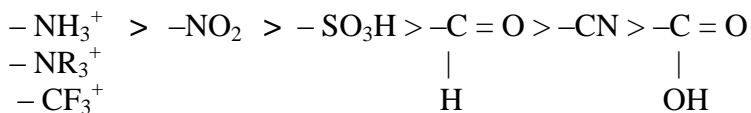
##### 2) дезактивирующие: $-F; -Cl; -Br; -J$



В момент химической реакции индуктивный эффект преобладает над эффектом сопряжения:

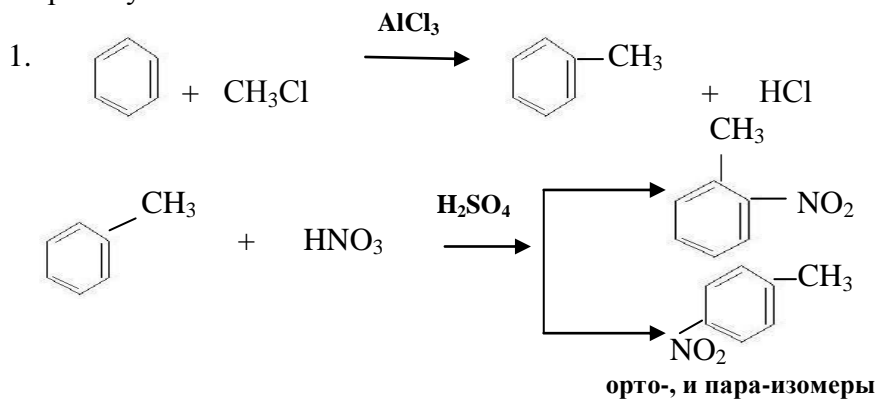


## 2. Заместители второго рода (мета-ориентанты, дезактивирующие):

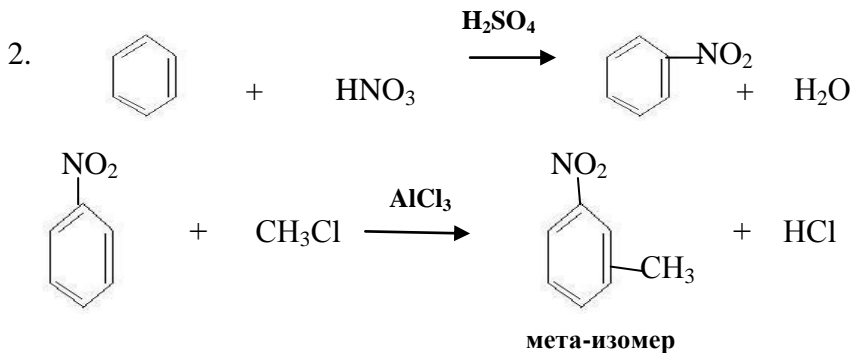


### Ориентация и синтез

**Пример:** необходимо получить из бензола три изомера нитротолуола.

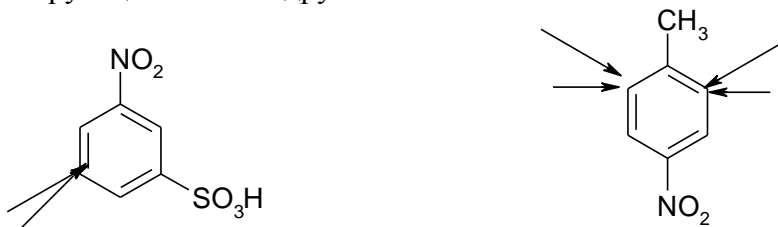




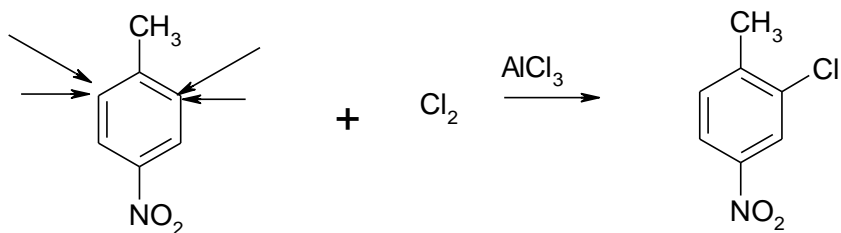


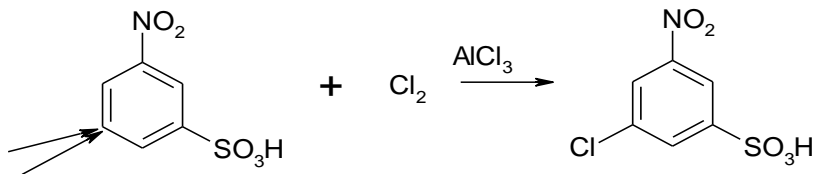
### Ориентация в дизамещённых бензолах

1. Два заместителя могут быть расположены таким образом, что ориентирующее действие одного заместителя будет усиливать ориентирующее влияние другого:

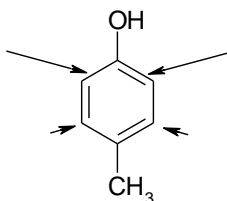


При галогенировании данных соединений возможно получение следующих продуктов:



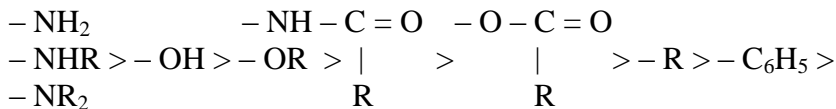


2. Два заместителя могут быть расположены таким образом, что ориентирующее влияние одной группы противоположно влиянию другой группы:

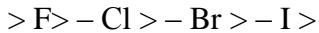


В этом случае необходимо учитывать ряд активности заместителей:

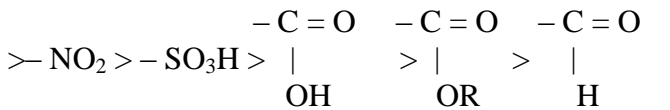
**Ряд активности заместителей:**



} активизирующие



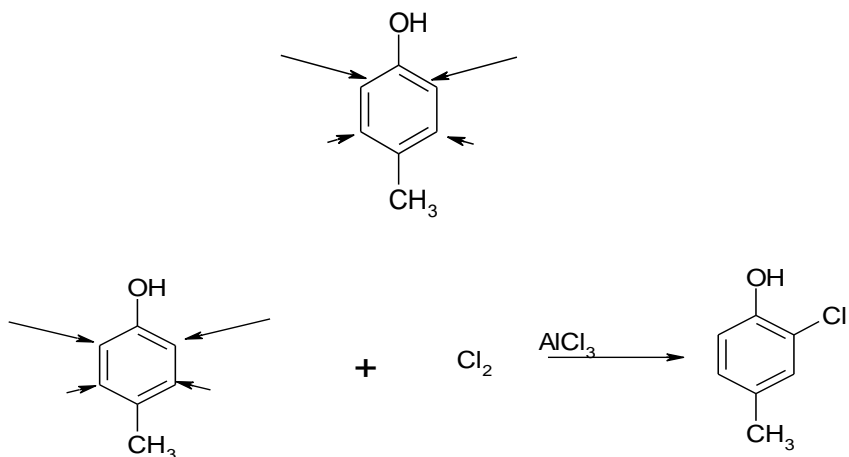
} слабо дезактивирующие



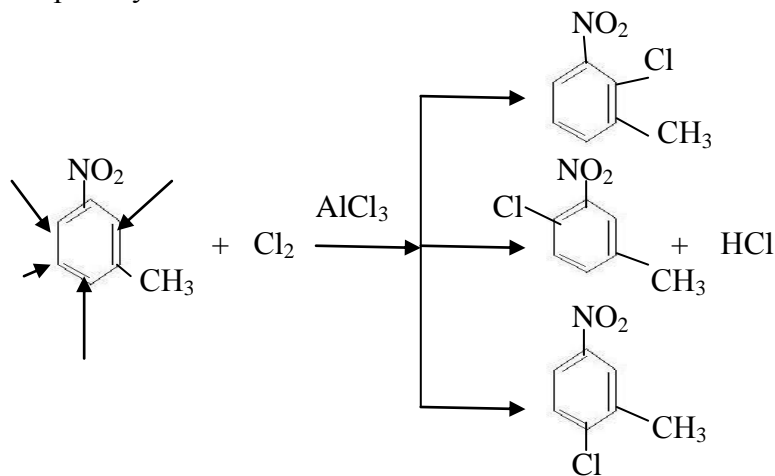
} сильно дезактивирующие

Влияние сильно активирующих групп преобладает над влиянием слабо активирующих и слабо дезактивирующих групп.

Группа **-ОН** – сильно активирующая, **-СН<sub>3</sub>** – слабо активирующая, действие -ОН преобладает над действием -СН<sub>3</sub>:

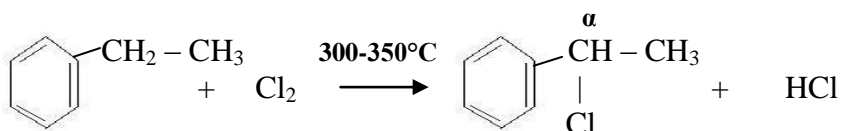


**Пример:** какие продукты получатся при галогенировании м-нитротолуола.



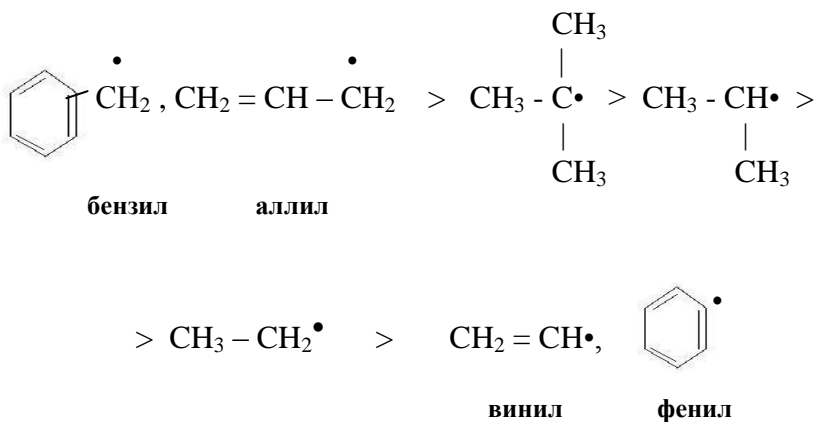
**-CH<sub>3</sub>** – заместитель 1 рода (активирующий) направляет следующий заместитель в орто- и пара- положения, **-NO<sub>2</sub>** заместитель 2 рода (деактивирующий) мета-ориентант. Согласно ряду активности заместителей действие группы **-CH<sub>3</sub>** преобладает над действием группы **-NO<sub>2</sub>**, поэтому следующий заместитель отправляется в орто- и пара- положения относительно группы **-CH<sub>3</sub>**.

### 5.5.3. Реакции радикального замещения



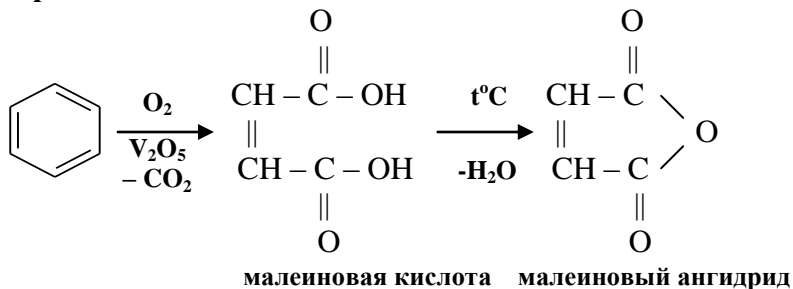
Реакция протекает согласно устойчивости радикалов.

#### Ряд устойчивости радикалов:



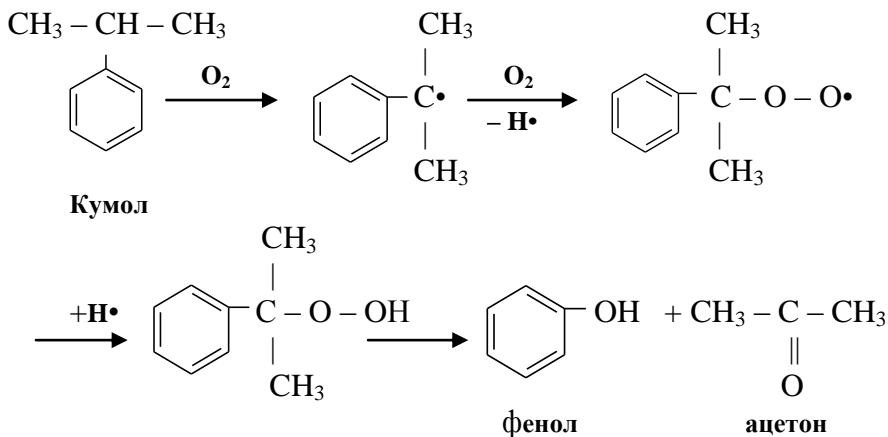
## 5.5.4. Реакции окисления

### 5.5.4.1. Окисление кислородом воздуха на ванадиевом катализаторе:



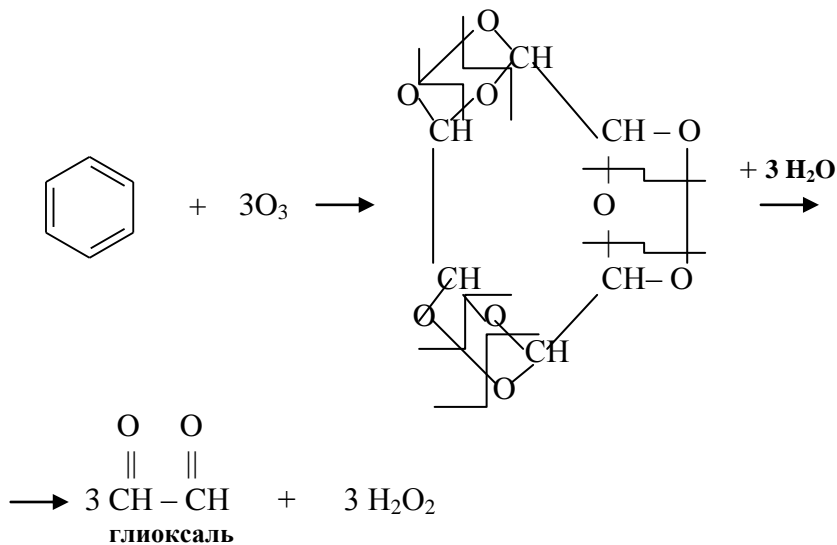
### 5.5.4.2. Окисление кислородом воздуха при высокой температуре (окислению подвергаются соединения, имеющие боковую цепь).

Кумольный способ получения фенола:

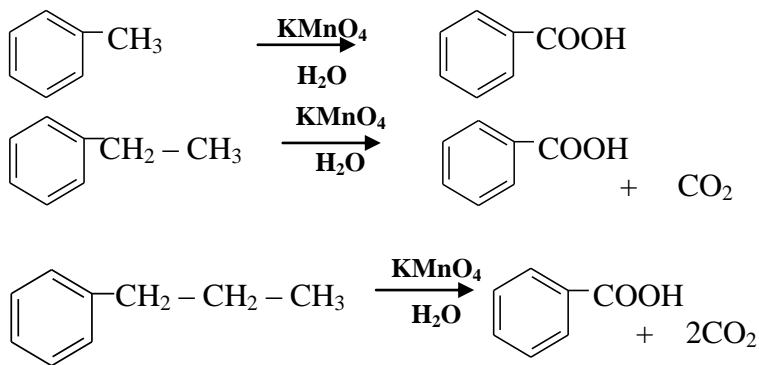


### 5.5.4.3. Озонирование

Молекула бензола под действием озона распадается на три молекулы глиоксаля

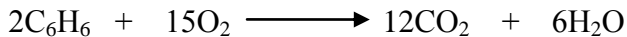


#### 5.5.4.4. Окисление водным раствором $\text{KMnO}_4$



При окислении водным раствором  $\text{KMnO}_4$  независимо от длины боковой цепи всегда образуется бензойная кислота.

#### 5.5.4.5. Горение бензола



## 6. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОБЩИХ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Прежде, чем приступить к выполнению задания по определенному классу соединений, следует изучить его по такому плану:

1) построение названий соединений по различным видам номенклатур, написание формул по названию;

2) физические свойства, зависимость температур кипения, плавления, растворимости от молекулярной массы, строения соединения, наличия водородной связи (см. справочную литературу);

3) строение функциональной группы, присутствие простой или кратной связи, гибридное состояние атома углерода, склонность к гомолитическому или гетеролитическому разрыву связей;

4) характер реагента (радикал, электрофил, нуклеофил), механизм реакции, строение промежуточной частицы, пространственный и электронный факторы, влияющие на ее устойчивость;

5) зависимость реакционной способности от объема и электронных эффектов групп, связанных с реакционным центром;

6) выбор условий проведения реакции;

7) способы получения.

При оформлении решения задач следует указывать механизм и условия превращений, называть соединения по различным видам номенклатур. Механизмы реакций можно обозначать, пользуясь данной таблицей (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Таблица обозначений механизмов реакций

Тип реакции	Реагент		
	Радикал <i>R</i>	Электрофил <i>E</i>	Нуклеофил <i>N</i>
Присоединение А	$A_R$	$A_E$	$A_N$
Замещение S	$S_R$	$S_E$	$S_N$
Элиминирование E			

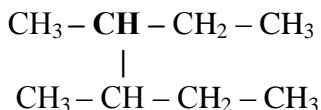
### Пример 1

Напишите структурную формулу следующего углеводорода: метилэтил-втор-бутилметана. Назовите по разным видам номенклатур, получите данное соединение при помощи реакции Вюрца и введите его в реакции галогенирования, нитрования, крекинга и окисления (разберите механизмы реакций).

### Решение:

Название данного соединения дано по рациональной номенклатуре: метилэтил-втор-бутилметан. Чтобы написать формулу данного углеводорода необходимо рассматривать соединение как молекулу метана, в которой атомы водорода замещены на радикалы: метил ( $\text{CH}_3-$ ), этил ( $-\text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ) и

вторичный бутил ( $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ):



При наименовании данного соединения по систематической номенклатуре IUPAC необходимо:

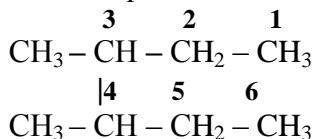


1) в качестве основы выбрать самую длинную цепь атомов углерода;

2) основную углеродную цепь пронумеровать арабскими цифрами так, чтобы цифры, указывающие положение боковых цепей, были наименьшими;

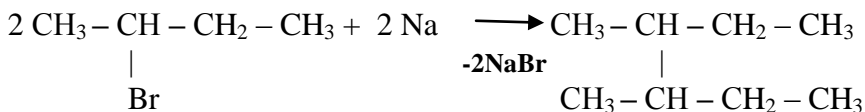
3) если одна и та же алкильная группа встречается более одного раза, то перед ней ставят приставку ди-, три-, тетра- и т.д., чтобы указать число этих групп, и обозначить арабскими цифрами (локантами) положение каждой группы;

4) при наличии нескольких различных алкильных групп их перечисляют либо в порядке увеличения сложности, либо в алфавитном порядке.



Название по систематической номенклатуре: 3,4 – диметилгексан.

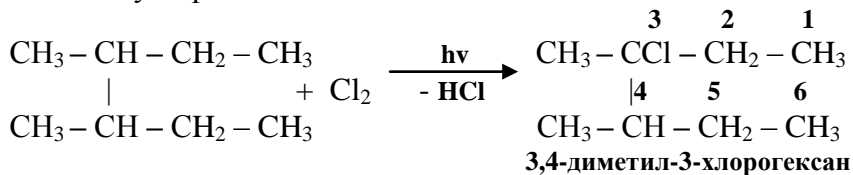
**Получение:** при получении предельных углеводородов реакцией Вюрца используются смеси галогеналкилов в разных комбинациях с Na



### Химические свойства:

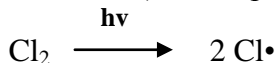
#### 1. Реакция галогенирования

Согласно устойчивости радикалов замещение происходит у третичного углеродного атома:

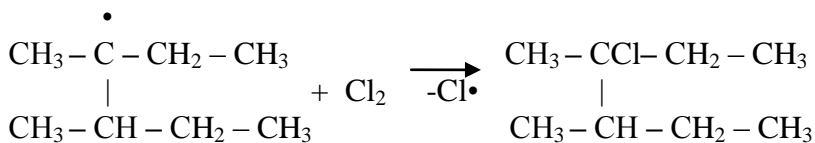
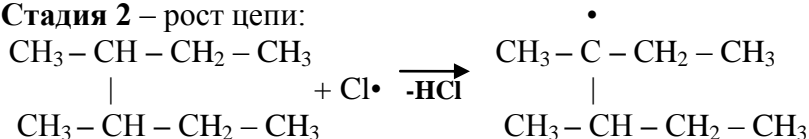


## Механизм реакции галогенирования S<sub>R</sub>:

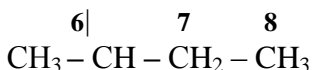
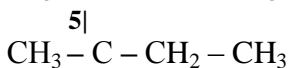
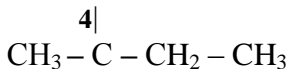
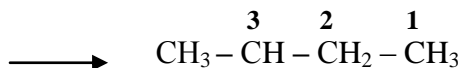
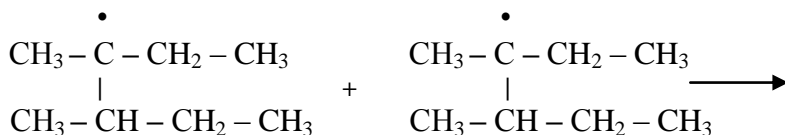
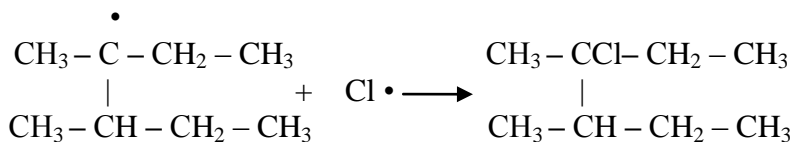
Стадия 1 – зарождение цепи (инициирование):



Стадия 2 – рост цепи:



Стадия 3 – обрыв цепи:

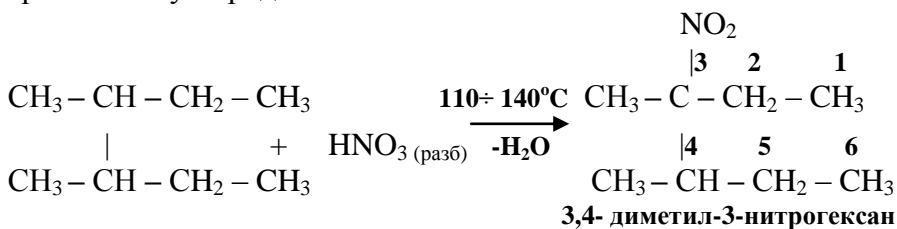


**3,4,5,6 – тетраметил-4,5-диэтилоктан**

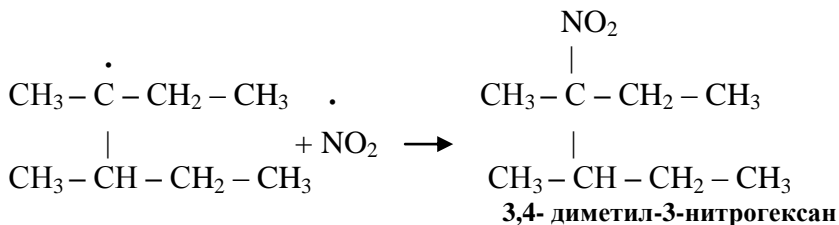
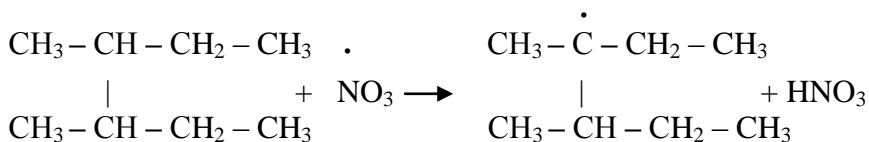
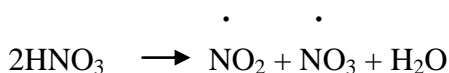
## 2. Реакции нитрования

1) нитрование  $\text{HNO}_3$ (разб.) – **жидкофазное нитрование** (реакция Коновалова). Концентрация  $\text{HNO}_3$  – 6 ÷ 12,5%.

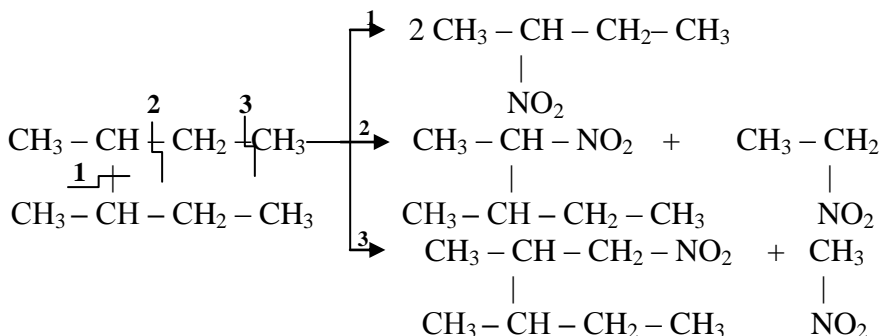
Согласно устойчивости радикалов замещение происходит у третичного углеродного атома:



### Механизм реакции $\text{S}_\text{R}$ :



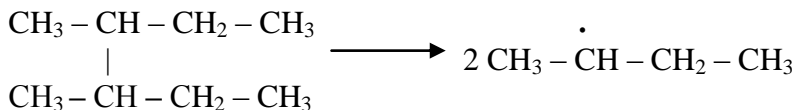
2) нитрование  $\text{HNO}_3$ (конц.) – **парофазное нитрование**.  
Температура процесса – 300 ÷ 500°C.



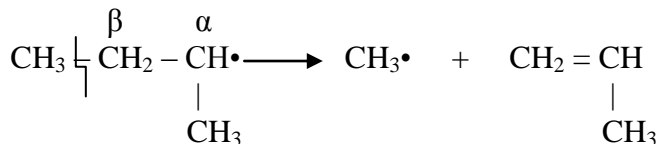
Происходит расщепление молекулы по различным С-С и С-Н связям. Образуется большой набор нитросоединений, которые можно разделить при помощи ректификации.

### 3. Реакция крекинга

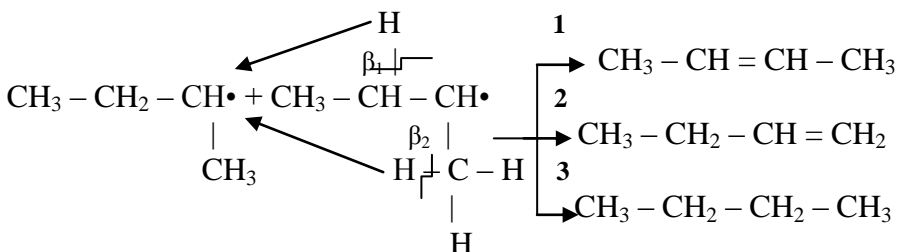
#### Механизм реакции S<sub>R</sub>:



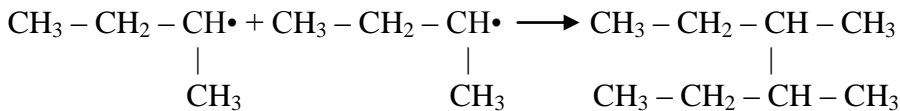
#### а) β-распад:



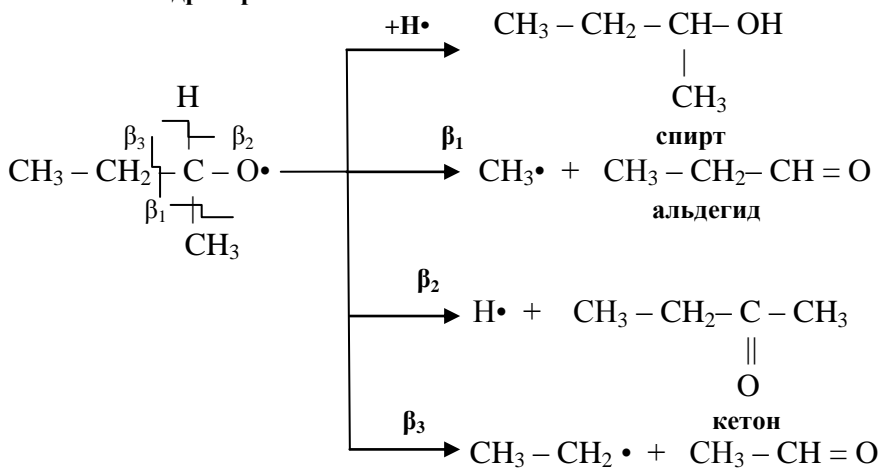
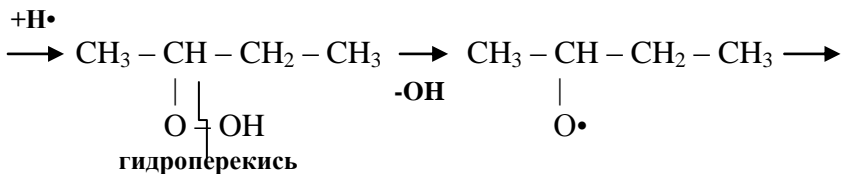
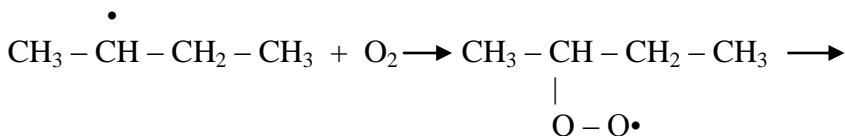
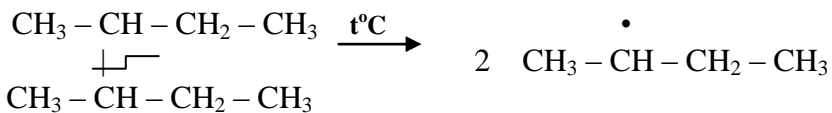
#### б) реакция диспропорционирования:



**в) реакция соединения (рекомбинации):**



**4. Реакция окисления**



## 7. ОБЩИЕ ЗАДАНИЯ

### 7.1. НАСЫЩЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. АЛКАНЫ (ПАРАФИНЫ)

1. Напишите структурные формулы одновалентных радикалов, которые можно вывести из первых четырех членов гомологического ряда предельных углеводородов и назовите их. Сформулируйте принцип определения первичности, вторичности, третичности углеводородных радикалов.

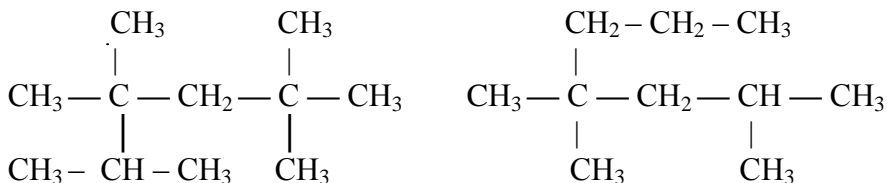
2. Дайте определение понятиям "гомологический ряд", "структурные изомеры". Напишите все изомеры изостроения седьмого члена гомологического ряда алканов и назовите их по номенклатуре IUPAC. Укажите первичные, вторичные, третичные, четвертичные атомы углерода.

3. Напишите структурные формулы алкилзамещённых метанов (рациональная номенклатура):

- а) метилэтил-втор-бутилметан;
- б) диэтил-трет-бутилметан;
- в) этилизопропил-перв-бутилметан.

Назовите соединения по номенклатуре IUPAC.

4. Назовите следующие углеводороды по рациональной и международной (IUPAC) номенклатурам:



5. Составьте постадийное уравнение взаимодействия смеси хлористых изопропила и втор-бутила с Na.

6. Составьте уравнения трёх основных стадий цепного радикального замещения (инициирования, роста и обрыва цепи) на примере хлорирования изобутана.

7. Напишите уравнения термического распада (крекинга) 2-метил-3-этилгексана. Объясните сущность превращений промежуточных свободных радикалов по трём основным направлениям:  $\beta$ -распад, диспропорционирование и соединение.

8. Какие продукты образуются при окислении 2,3-диметилпентана кислородом? Напишите схемы, включающие образование углеводородных и пероксидных радикалов, гидропероксидов, их распад по O-O связи и дальнейшее превращение свободных кислородных радикалов (распад по  $\beta$ -связи).

## 7.2. НЕНАСЫЩЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ АЛКЕНЫ (ОЛЕФИНЫ)

1. Напишите формулы непредельных одновалентных радикалов: 1-пропенил, этенил (винил), 2-пропенил (аллил), 1-пропен-2-ил (изопропенил), 2-бутенил (критил).

2. Напишите формулы всех структурных и геометрических изомеров шестого члена гомологического ряда этиленовых углеводородов. Назовите их по рациональной номенклатуре и по номенклатуре IUPAC.

3. Какие изомерные алкены  $C_5H_{10}$  образуются в реакциях элиминирования 2-метилбутана, 3-метил-2-бутанола и 2,2-хлорметилбутана (правило Зайцева).

4. Напишите уравнения реакций присоединения к изобутилену:

а)  $H_2$ ;

б)  $H_2O$ ;

- в)  $\text{HCl}$ ;
- г)  $\text{HOCl}$ .

5. Как влияет распределение электронной плотности в исходном алкене и устойчивость промежуточных карбоновых ионов на направление присоединения бромистого водорода и воды к пропилену (правило Марковникова).

6. Приведите схемы реакций бромистого водорода с изобутиленом в присутствии перекиси водорода (перекисный эффект Караша).

7. Приведите схемы реакций изобутилена с различными окислителями:

- а) кислородом воздуха в присутствии серебряного катализатора;
- б) разбавленным раствором перманганата калия (реакция Вагнера);
- в) конц. раствором перманганата калия в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- г) озоном.

8. Дайте определение понятиям: полимеризация, сополимеризация, мономер, димер, полимер, степень полимеризации, стереорегулярные полимеры, ингибиторы полимеризации.

### 7.3. АЛКИНЫ (АЦЕТИЛЕНА)

1. Напишите структурные формулы алкилзамещённых ацетиленов:

- а) метилацетилена;
- б) этил-втор-бутилацетилена;
- в) изопропил-трет-бутилацетилена.

Назовите эти соединения по номенклатуре IUPAC.

2. Напишите формулы всех изомерных ацетиленовых углеводородов  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ , назовите их по рациональной и систематической номенклатурам.



3. Приведите схему реакций получения метилизопропилацетилена из метана.

4. На примере взаимодействия метилацетилена с  $\text{Cl}_2$  и  $\text{HCl}$  рассмотрите механизм радикального и электрофильного присоединения по тройной связи.

5. Объясните механизм нуклеофильного присоединения этилового спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , муравьиной кислоты  $\text{HCOOH}$ , синильной кислоты  $\text{HCN}$  к этилацетилену.

6. Напишите схемы реакций гидратации метил- и диметилацетилена (реакция Кучерова).

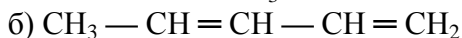
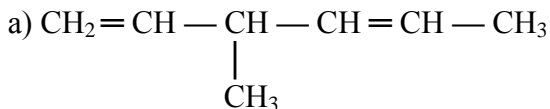
7. Напишите реакции, характеризующие кислотные свойства алкинов.

8. Какой из углеводов – этан, этилен, ацетилен обладает более выраженными кислотными свойствами? Приведите пример.

#### 7.4. ДИЕНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

1. Напишите структурные формулы диенов: пропADIЕНА (аллена), 1,2-бутадиена (метилаллена), 1,3-бутадиена (дивинила), 2-метил-1,3-бутадиена (изопрена), 1,3-пентадиена (пиперилена), 1,5-гексадиена (диаллила). Какие из них относятся к диенам с кумулированными, сопряжёнными и изолированными двойными связями.

2. Назовите по систематической номенклатуре IUPAC следующие соединения:



3. Приведите схемы реакций получения следующих соединений: дивинила и изопрена.

4. Приведите схему электрофильного и радикального присоединения хлористого водорода к изопрену.

5. Приведите схему реакции гидратации дивинила. Приведите механизм реакции.

6. Напишите реакцию диенового синтеза изопрена с малеиновым ангидридом.

7. Какую структуру имеют природные полимеры: натуральный каучук и гуттаперча?

8. Приведите схемы получения следующих полимеров:

а) бутилкаучук (БК);

б) хлоропреновый каучук;

в) сополимер бутадиена со стиролом.

## 7.5. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

1. Приведите структурные формулы всех гомологов бензола состава  $C_8H_{10}$  и  $C_9H_{12}$ . Какие виды изомерии здесь встречаются?

2. Для бензола наиболее характерными являются реакции электрофильного замещения ( $S_E$ ). Рассмотрите механизм этих реакций на примерах.

3. Напишите реакции, рассмотрите механизм, назовите продукты хлорирования толуола: а) эквимольным количеством хлора в присутствии катализатора (какого); б) избытком хлора на свету.

4. Заместители, находящиеся в бензоле, могут быть электронодонорными или электроноакцепторными. В реакциях электрофильного замещения первые являются орто- и пара-ориентантами, вторые – мета-ориентантами. Рассмотрите на примере толуола и нитробензола механизм реакции сульфирования.

5. Алкилбензолы независимо от длины углеводородного радикала образуют один продукт окисления (при действии сильного окислителя). Покажите, что образуется при окислении:

а) этилбензола; б) пропилбензола; в) о-ксилола; г) п-метилэтилбензола.

6. Бензол и его гомологи склонны (в меньшей степени) к реакциям, характеризующим их ненасыщенность. Приведите примеры: а) восстановления толуола; б) озонирования м-ксилола и последующего разложения озонида водой. Назовите полученные продукты.

7. Следующие соединения расположите в ряд по возрастанию скорости бромирования (катализатор – бромид железа<sup>III</sup>): а) бензол; б) фенол; в) бензойная кислота; г) толуол; д) трет. бутилбензол. Дайте объяснения.

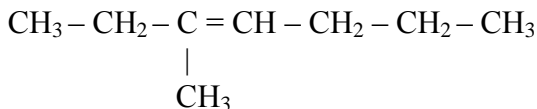
8. Напишите схемы реакций: а) получение стирола из бензола; б) полимеризация стирола. Где используется стирол?

## 8. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Вариант № 1

1. Напишите структурную формулу следующего углеводорода: метилизобутил-трет-бутилметана. Назовите, получите данное соединение при помощи реакции Вюрца и введите его в реакции галогенирования, нитрования, крекинга и окисления (разберите механизмы реакций).

2. Назовите следующий углеводород по рациональной и систематической номенклатурам:

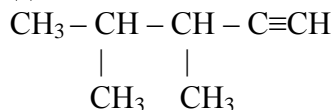


Получите разными способами и введите в реакции со следующими реагентами:

а)  $\text{Cl}_2$ ;

- б)  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
 в)  $\text{HBr}$  (разберите механизм реакции);  
 г)  $\text{HBr} + \text{H}_2\text{O}_2$  (разберите механизм реакции);

3. Назовите соединение:



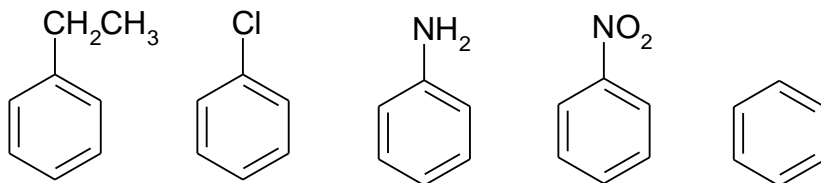
Получите и введите в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);  
 б)  $\text{HCl}$ ;  
 в)  $\text{KNH}_2$ ;  
 г)  $\text{CH}_3\text{-COOH}$

4. Для сопряженного диена состава  $\text{C}_5\text{H}_8$  напишите реакции присоединения:

- а)  $\text{HBr}$ ;  
 б)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции).

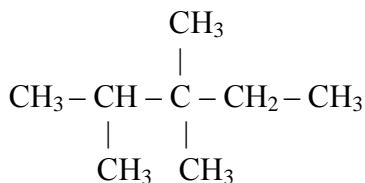
5. Определите реакционную способность следующих соединений в реакциях сульфирования:



Получите продукты и назовите их.

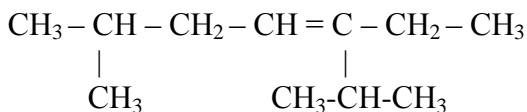
### Вариант № 2

1. Назовите по систематической и рациональной номенклатурам следующий углеводород:



Получите при помощи реакции Вюрца. Напишите реакции окисления кислородом воздуха и галогенирования хлором. Разберите механизмы реакций.

2. Назовите следующие углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



Получите любым способом и введите в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{Br}_2$ ;
- б)  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) (разберите механизм реакции);
- в) напишите реакцию радикальной полимеризации.

3. Назовите соединение:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} \equiv \text{CH}$   
 $\qquad \qquad \qquad |$   
 $\qquad \qquad \qquad \text{CH}_3$

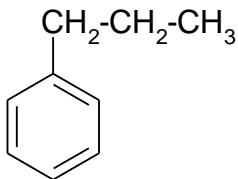
Получите и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{O}$ .

4. Для сопряженного диена состава  $\text{C}_6\text{H}_{10}$  напишите реакции присоединения:

- а)  $\text{HCl}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{H}_2\text{O}$ .

5. Получите реакцией Фриделя – Крафтса – Густавсона.

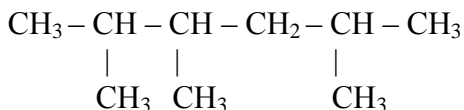


Назовите и введите данное соединение в реакцию со следующими реагентами:

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (разберите механизм реакции);
- $\text{Cl}_2 (h\nu)$  (разберите механизм реакции);

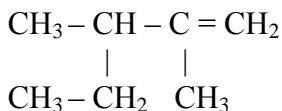
### Вариант № 3

1. Назовите по систематической и рациональной номенклатурам следующий углеводород:



Получите различными способами. Какие химические превращения могут происходить с полученным углеводородом в процессах крекинга и окисления (напишите механизмы реакций)?

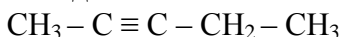
2. Назовите следующий углеводород по систематической и рациональной номенклатурам:



Получите различными способами и введите в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{HBr}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- в)  $\text{O}_3$ ;
- г) напишите реакцию анионной полимеризации.

3. Назовите данное соединение:



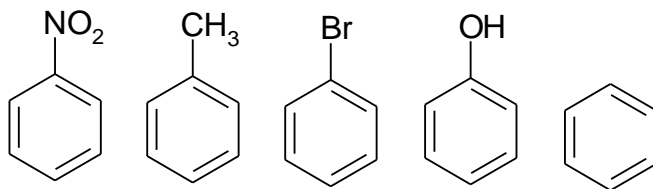
Получите различными способами и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{HC} = \text{O}$ ;
- в)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

4. Для сопряженного диена состава  $\text{C}_7\text{H}_{12}$  напишите реакции присоединения:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{Br}_2$ ;

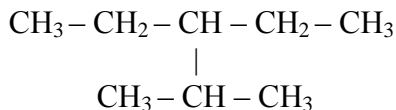
5. Определите реакционную способность следующих соединений в реакциях нитрования:



Получите продукты и назовите их.

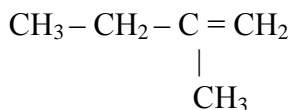
### Вариант № 4

1. Назовите по систематической и рациональной номенклатурам следующий углеводород:



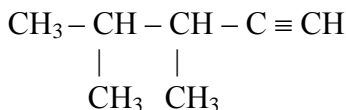
Получите реакцией Вюрца и введите в реакции крекинга и окисления кислородом воздуха.

2. Назовите следующий углеводород по систематической и рациональной номенклатурам:



Получите и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а) HBr (разберите механизм реакции);
  - б) H<sub>2</sub>O;
  - в) KMnO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O;
  - д) напишите реакцию радикальной полимеризации.
3. Назовите данное соединение:



Получите и введите его в реакции со следующими реагентами:

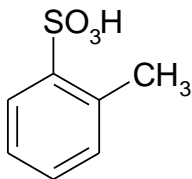
- а) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции);
- б) HCl;
- в) HCN.

4. Для изолированного диена состава C<sub>6</sub>H<sub>10</sub> напишите реакции присоединения:

- а) HCl (разберите механизм реакции);
- б) H<sub>2</sub>O.

5. Получите из бензола:





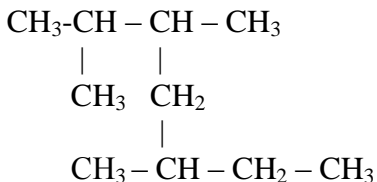
Назовите и введите данное соединение в реакцию со следующими реагентами (напишите механизмы реакций):

- а)  $\text{HNO}_3$ ;
- б)  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ;
- в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- г)  $\text{Cl}_2, (h\nu)$ .

Напишите механизмы реакций

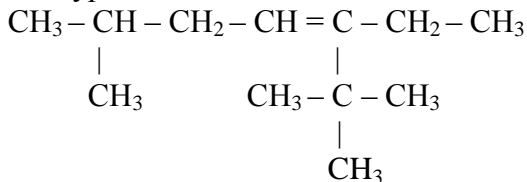
### Вариант №5

1. Назовите по систематической номенклатуре следующий углеводород:



Получите его при помощи реакции Вюрца и напишите реакции окисления кислородом воздуха и галогенирования хлором. Разберите механизмы реакций.

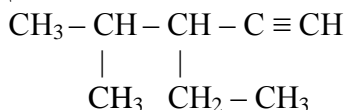
2. Назовите следующее соединение по систематической и рациональной номенклатурам:



Получите его различными способами и введите в реакции со следующими реагентами:

- а) HBr (разберите радикальный механизм);
- б) H<sub>2</sub>O (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (разберите механизм реакции);
- в) KMnO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O;
- д) напишите реакцию анионной полимеризации.

3. Назовите соединение:



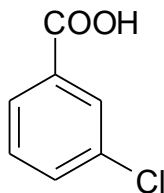
Получите различными способами и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции);
- б) CH<sub>3</sub> - COOH;
- в) CH<sub>3</sub> - CH = O.

4. Получите сопряжённый диен состава C<sub>8</sub>H<sub>14</sub> различными способами и напишите реакции присоединения:

- а) HCl;
- б) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции).

5. Получите из бензола:

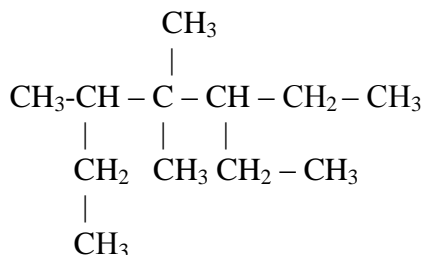


Назовите и введите данное соединение в реакции со следующими реагентами:

- а) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
- б) HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
- в) CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> (разберите механизм реакции).

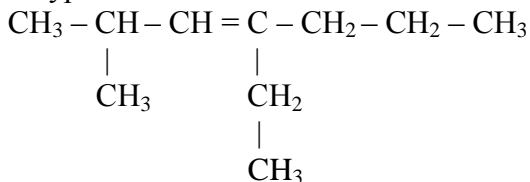
## Вариант № 6

1. Назовите по систематической номенклатуре следующий углеводород:



Получите его при помощи реакции Вюрца и напишите реакции окисления кислородом воздуха и нитрования. Разберите механизмы реакций.

2. Назовите следующее соединение по систематической и рациональной номенклатурам:



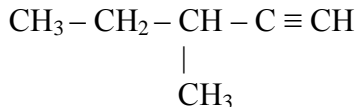
Получите его различными способами и введите в реакции со следующими реагентами:

а) HCl;

б) H<sub>2</sub>O (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (разберите механизм реакции);

в) KMnO<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

3. Назовите соединение:



Получите различными способами и введите его в реакции со следующими реагентами:

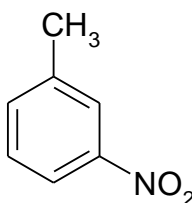
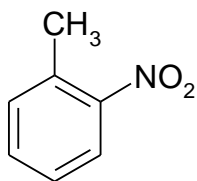
а) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции);

- б) HCN;  
 в)  $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3)=\text{O}$ .

4. Получите различными способами сопряжённый диен состава  $\text{C}_4\text{H}_6$  и напишите для него реакции присоединения:

- а) HCl;  
 б)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции).

5. Получите из бензола:

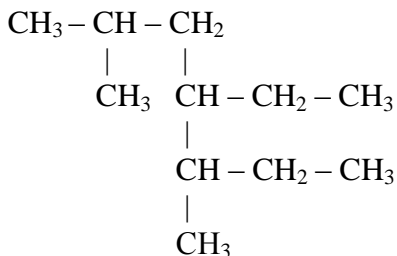


Назовите и введите данные соединения в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  
 б)  $\text{Cl}_2(h\nu)$   
 в)  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$  (разберите механизм реакции);  
 г)  $\text{CH}_3\text{Cl}$ .

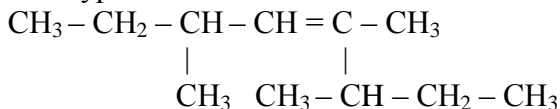
### Вариант №7

1. Назовите по систематической номенклатуре следующий углеводород:



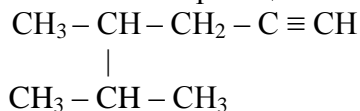
Получите его при помощи реакции Вюрца и напишите реакции галогенирования и крекинга. Разберите механизмы реакций.

2. Назовите следующее соединение по систематической и рациональной номенклатурам:



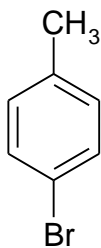
Получите различными способами и введите в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) (разберите механизм реакции);
  - б)  $\text{O}_2$  (высокая температура);
  - в) напишите реакцию катионной полимеризации.
3. Назовите соединение:



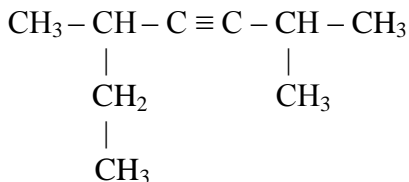
Получите различными способами и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
  - б)  $\text{HBr}$ ;
  - в)  $\text{HCOOH}$ ;
  - г)  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{O}$ .
4. Напишите все структурные формулы изомерных диеновых углеводородов состава  $\text{C}_7\text{H}_{12}$ . Назовите их. Получите различными способами изолированный диена и напишите для него реакции присоединения:
- а)  $\text{HCl}$ ;
  - б)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции).
5. Получите из бензола:





3. Назовите соединение:



Получите различными способами и введите его в реакции со следующими реагентами:

а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);

б)  $\text{HBr}$ ;

в)  $\text{HCN}$ ;

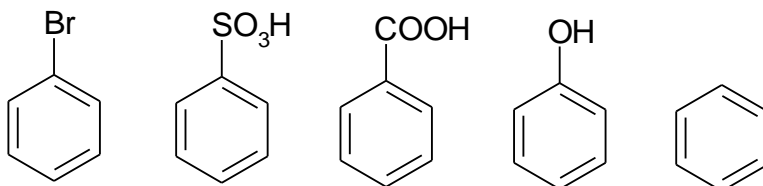
г)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{O}$ .

4. Напишите все структурные формулы изомерных диеновых углеводородов состава  $\text{C}_8\text{H}_{14}$ . Назовите их. Получите различными способами сопряжённый диен и напишите для него реакции присоединения:

а)  $\text{HCl}$ ;

б)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции).

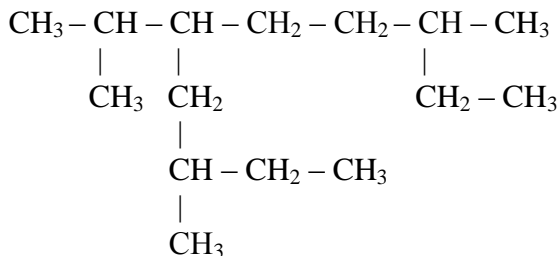
5. Определите реакционную способность следующих соединений в реакциях галогенирования:



Получите продукты и назовите их.

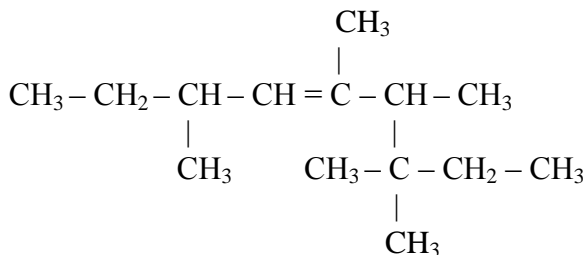
### Вариант № 9

1. Назовите по систематической номенклатуре следующий углеводород:



Получите его при помощи реакции Вюрца и напишите реакции жидко- и парофазного нитрования. Разберите механизм реакций.

2. Назовите следующее соединение по систематической номенклатуре:



Получите различными способами и введите в реакции со следующими реагентами:

- а) HBr;
- б) H<sub>2</sub>O (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (разберите механизм реакции);
- в) O<sub>3</sub>;

3. Назовите соединение:

$$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C} \equiv \text{CH} \\
 | \\
 \text{CH} - \text{CH}_3 \\
 | \\
 \text{CH}_3
 \end{array}$$

Получите из ацетилена и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции);
- б) CH<sub>3</sub>OH;



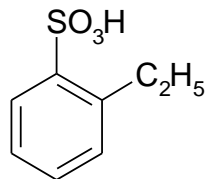
в)  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{O}$ .

4. Получите различными способами изолированный диен состава  $\text{C}_9\text{H}_{16}$  и напишите реакции присоединения:

а)  $\text{HCl}$ ;

б)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции).

5. Получите из бензола:



Назовите и введите данное соединение в реакцию со следующими реагентами:

а)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

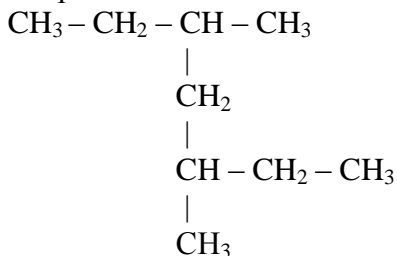
б)  $\text{Cl}_2(\text{AlCl}_3)$ ;

в)  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$  (разберите механизм реакции);

д)  $\text{Cl}_2(h\nu)$  (разберите механизм реакции).

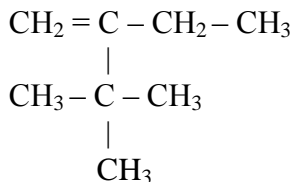
### Вариант № 10

1. Назовите по систематической и рациональной номенклатурам следующий углеводород:



Получите его любым способом и напишите реакции окисления кислородом воздуха и галогенирования. Разберите механизмы реакций.

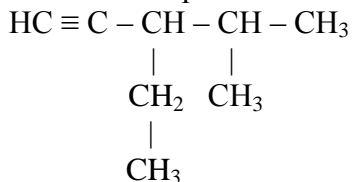
2. Назовите следующее соединение по систематической и рациональной номенклатурам:



Получите его из соответствующего спирта и введите в реакции со следующими реагентами:

- $\text{HBr} + \text{H}_2\text{O}_2$ ;
- $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) (разберите механизм реакции);
- напишите реакцию радикальной полимеризации.

3. Назовите соединение:



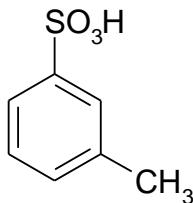
Получите из метана и введите его в реакции со следующими реагентами:

- $\text{HCl}$ ;
- $\text{HCN}$ ;
- $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{O}$ .

4. Получите реакцией Принса изопрен и напишите реакции присоединения:

- $\text{HCl}$ ;
- $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции).

5. Получите из бензола:

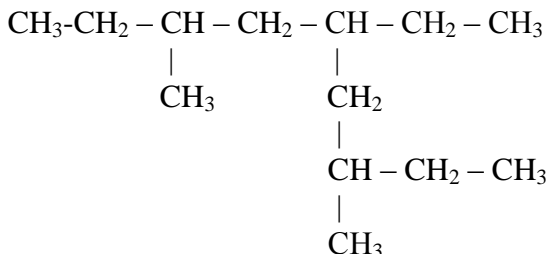


Назовите и введите данное соединение в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- б)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- в)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  (разберите механизм реакции);
- г)  $\text{Cl}_2(h\nu)$  (разберите механизм реакции).

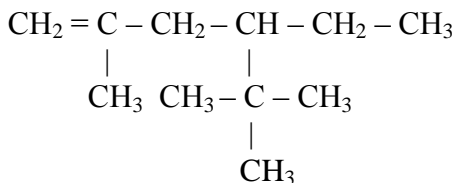
### Вариант №11

1. Назовите по систематической номенклатуре следующий углеводород:



Получите его при помощи реакции Вюрца и напишите реакции окисления кислородом воздуха и крекинга. Разберите механизмы реакций.

2. Назовите следующее соединение по систематической номенклатуре:



Получите его из соответствующего спирта и введите в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{O}_3$ ;
- в) напишите реакцию радикальной полимеризации.

3. Назовите соединение: 
$$\begin{array}{c} \text{HC} \equiv \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$$

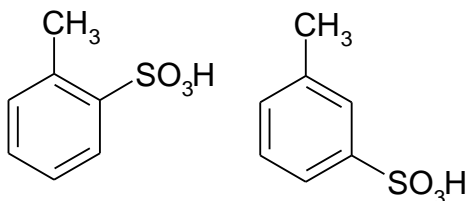
Получите и введите его в реакции со следующими реагентами:

- $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- $\text{HBr}$ ;
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ ;
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$ .

4. Получите различными способами сопряжённый диен состава  $\text{C}_9\text{H}_{16}$  и напишите реакции присоединения для данного диена:

- $\text{Cl}_2$ ;
- $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции).

5. Получите из бензола:

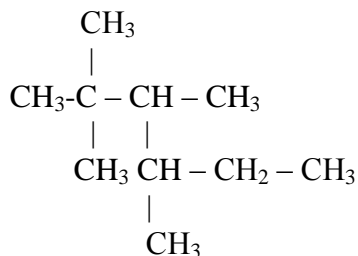


Назовите и введите данные соединения в реакцию со следующими реагентами:

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{O}$ ;
- $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$  (разберите механизм реакции);
- $\text{CH}_3\text{Cl}$ .

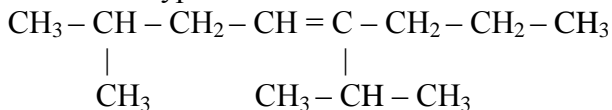
### Вариант №12

1. Назовите по систематической номенклатуре следующий углеводород:



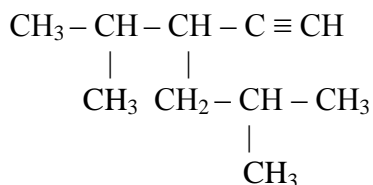
Получите его при помощи реакции Вюрца и напишите реакции окисления кислородом воздуха и галогенирования. Разберите механизмы реакций.

2. Назовите следующее соединение по систематической и рациональной номенклатурам:



Получите его разными способами и введите в реакции со следующими реагентами:

- а) HBr;
  - б) O<sub>3</sub>;
  - в) напишите реакцию катионной полимеризации.
3. Назовите соединение:

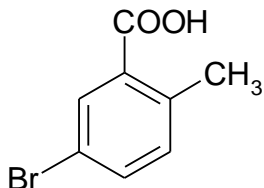


Получите и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции);
- б) HBr;
- в) HCN;
- г) CH<sub>3</sub> - C(CH<sub>3</sub>) = O.

4. Получите изолированный диен состава C<sub>9</sub>H<sub>16</sub>. Напишите для данного диена реакции присоединения:

- а) HCl;  
 б) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции).  
 5. Получите из бензола:



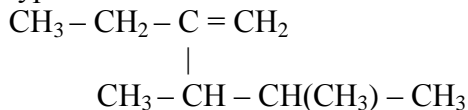
Назовите и введите данное соединение в реакцию со следующими реагентами:

- а) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;  
 б) Cl<sub>2</sub>;  
 в) CH<sub>2</sub> = CH – CH<sub>3</sub> (разберите механизм реакции);  
 г) CH<sub>3</sub>Cl.

### Вариант №13

1. Напишите структурную формулу следующего углеводорода: этилизопропил-трет-бутилметана. Назовите данное соединение по систематической номенклатуре UIPAC. Получите данное соединение при помощи реакции Вюрца и введите его в реакции галогенирования, нитрования, крекинга (разберите механизмы реакций).

2. Назовите следующий углеводород по рациональной и систематической номенклатурам:

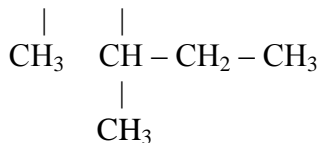


Получите данное соединение любым способом и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а) H<sub>2</sub>O;  
 б) HBr (разберите механизм реакции);  
 в) HBr + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(разберите механизм реакции);

г) напишите реакцию катионной полимеризации.

3. Назовите соединение  $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{C}\equiv\text{CH}$



Получите и введите его в реакции со следующими реагентами:

а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);

б)  $\text{KNH}_2$ ;

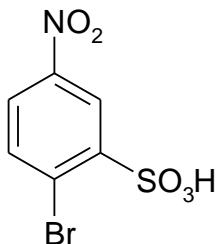
в)  $\text{CH}_3\text{-COOH}$

4. Получите дивинил из ацетилена и для полученного соединения напишите реакции присоединения:

а)  $\text{HBr}$ ;

б)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции).

5. Получите из бензола:



Назовите и введите данное соединение в реакции со следующими реагентами:

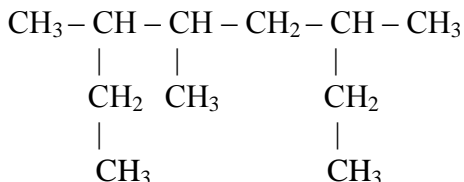
а)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;

б)  $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$ ;

в)  $\text{Cl}_2, (\text{AlCl}_3)$  (разберите механизм реакции).

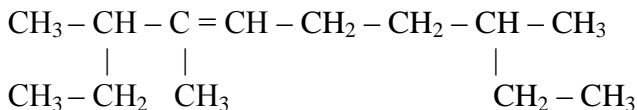
## Вариант № 14

1. Назовите по систематической номенклатуре следующий углеводород:



Получите данное соединение любым способом. Какие химические превращения могут происходить с полученным углеводородом в процессе крекинга (напишите механизм реакции)?

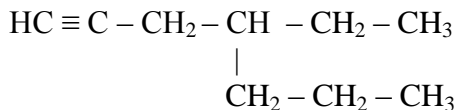
2. Назовите следующий углеводород по систематической номенклатуре:



Получите разными способами и введите в реакции со следующими реагентами:

- HBr (разберите механизм реакции);
- H<sub>2</sub>O;
- O<sub>3</sub>;
- KMnO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O;

3. Назовите данное соединение:



Получите и введите его в реакции со следующими реагентами:

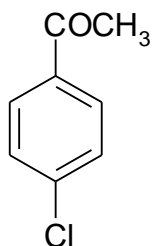
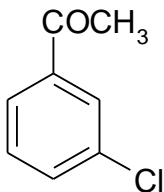


- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{AgNO}_3$ ;
- в)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-HC=O}$ ;
- г)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

4. Получите 2,3-диметил-1,3-бутадиен и напишите для него реакции присоединения:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{Br}_2$ ;
- в)  $\text{O}_3$ .

5. Получите из бензола:

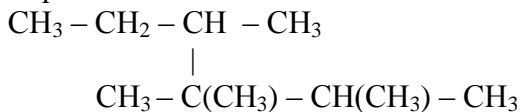


Назовите и введите данные соединения в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- б)  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ;
- в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разберите механизм реакции);
- г)  $\text{Br}_2 (\text{AlBr}_3)$  (разберите механизм реакции).

### Вариант №15

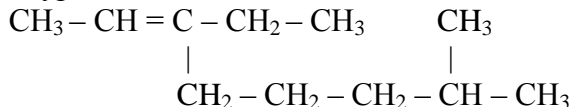
1. Назовите по систематической и рациональной номенклатурам следующий углеводород:



Получите данное соединение различными способами. Какие химические превращения могут происходить с полученным

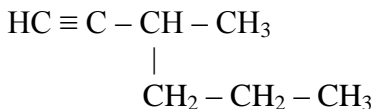
углеводородом в процессе окисления кислородом воздуха (напишите механизм реакции) и в реакциях крекинга.

2. Назовите следующий углеводород по систематической и рациональной номенклатурам:



Получите и введите в реакции со следующими реагентами:

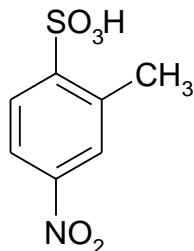
- а) HBr (разберите механизм реакции);
  - б) H<sub>2</sub>O;
  - в) KMnO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O;
  - д) напишите реакцию анионной полимеризации.
3. Назовите данное соединение:



Получите и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции);
  - б) HCl;
  - в) AgNO<sub>3</sub>
4. Напишите формулу строения углеводорода состава C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>, если в результате разложения продуктов его озонлиза получают формальдегид CH<sub>2</sub>O, уксусный альдегид CH<sub>3</sub> - CHO и глиоксаль OHC - CHO. Для данного углеводорода напишите реакции присоединения:

- а) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции);
  - б) Br<sub>2</sub>.
5. Получите из бензола:

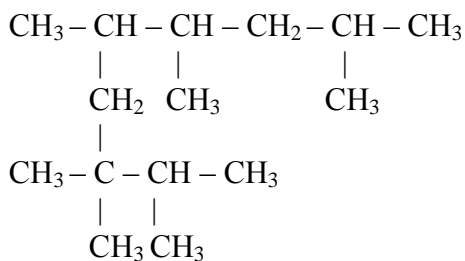


Назовите и введите данное соединение в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- б)  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ;
- в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разберите механизм реакции);
- г)  $\text{Br}_2 (h\nu)$  (разберите механизм реакции).

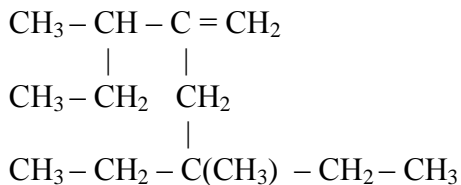
### Вариант №16

1. Назовите по систематической номенклатуре следующий углеводород:



Получите данное соединение любым способом. Какие химические превращения могут происходить с полученным углеводородом в процессах крекинга и галогенирования (напишите механизмы реакций).

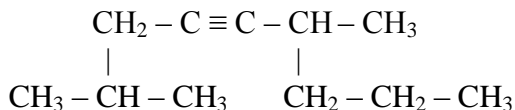
2. Назовите следующий углеводород по систематической номенклатуре:



Получите и введите в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{HBr}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- в) напишите реакцию анионной полимеризации.

3. Назовите данное соединение:



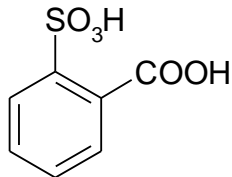
Получите различными способами и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{HCl}$ ;
- в)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{HC}=\text{O}$ ;
- г)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

4. Напишите все структурные формулы изомерных диеновых углеводородов состава  $\text{C}_7\text{H}_{12}$ . Назовите их. Получите сопряжённый диен и напишите реакции присоединения данного соединения:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{HBr}$ ;
- в) полимеризации.

5. Получите из бензола:

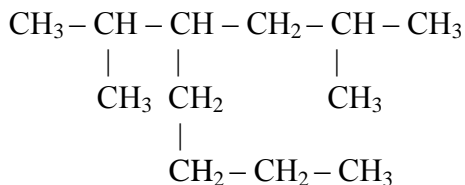


Назовите и введите данное соединение в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- б)  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ;
- в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разберите механизм реакции).

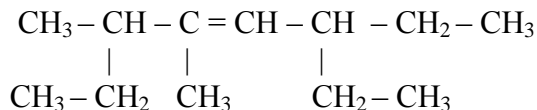
### Вариант №17

1. Назовите по систематической номенклатуре следующий углеводород:



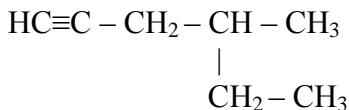
Получите данное соединение любым способом. Какие химические превращения могут происходить с полученным углеводородом в процессе крекинга и нитрования (напишите механизмы реакции)?

2. Назовите следующий углеводород по систематической номенклатуре:



Получите различными способами и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{HBr}$  (разберите механизм реакции);
  - б)  $\text{H}_2\text{O}$ ;
  - в)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - г) напишите реакцию анионной полимеризации.
3. Назовите данное соединение:



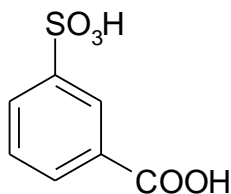
Получите различными способами и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{HCl}$ ;
- в)  $\text{AgNO}_3$ ;
- г)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{CH}_3) = \text{O}$ ;
- д)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

4. При окислении углеводорода  $\text{C}_8\text{H}_{14}$  образуются ацетон  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  и щавелевая кислота  $\text{HOOC} - \text{COOH}$ . Какова структура данного углеводорода? Напишите для него реакции присоединения:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- б)  $\text{Br}_2$ .

5. Получите из бензола:

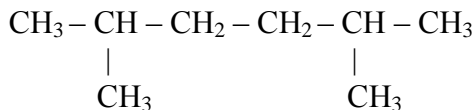


Назовите и введите данное соединение в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- б)  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ;
- в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разберите механизм реакции).

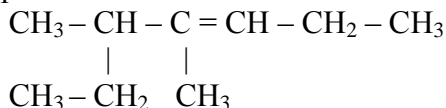
### Вариант №18

1. Назовите по систематической и рациональной номенклатурам следующий углеводород:



Получите. Какие химические превращения могут происходить с полученным углеводородом в процессе крекинга (напишите механизм реакции), окисления и нитрования.

2. Назовите следующий углеводород по систематической и рациональной номенклатурам:



Получите различными способами и введите в реакции со следующими реагентами:

- а) HBr (разберите механизм реакции);
- б) H<sub>2</sub>O;
- в) KMnO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O;
- г) напишите реакцию анионной полимеризации.

3. Назовите данное соединение: HC≡C-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>

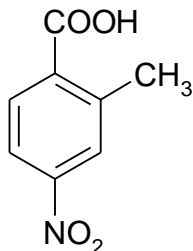
Получите различными способами и введите его в реакции со следующими реагентами:

- а) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции);
- б) AgNO<sub>3</sub>;
- в) CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-HC=O;

4. Напишите реакцию получения пиперилена. Для диена напишите реакции присоединения:

- а) H<sub>2</sub>O (разберите механизм реакции);
- б) Br<sub>2</sub>;
- в) O<sub>3</sub>.

5. Получите из бензола:

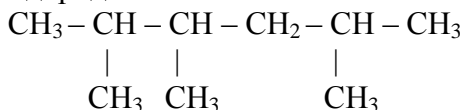


Назовите и введите данное соединение в реакцию со следующими реагентами:

- а)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- б)  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ;
- в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разберите механизм реакции);
- г)  $\text{Br}_2 (h\nu)$  (разберите механизм реакции).

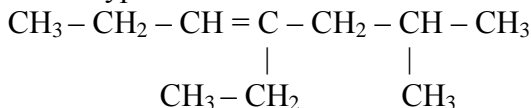
### Вариант №19

1. Назовите по систематической и рациональной номенклатурам следующий углеводород:



Получите. Какие химические превращения могут происходить с полученным углеводородом в процессе окисления кислородом воздуха, крекинга и галогенирования (напишите механизмы реакций).

2. Назовите следующий углеводород по систематической и рациональной номенклатурам:

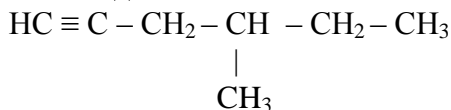


Получите различными способами и введите в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{HBr}$  (разберите механизм реакции);

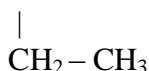


- б)  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
 в)  $\text{O}_3$ ;  
 г) напишите реакцию анионной полимеризации.
3. Назовите данное соединение:



Получите и введите его в реакции со следующими реагентами:

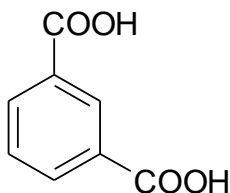
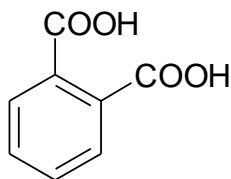
- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);  
 б)  $\text{HCl}$ ;  
 в)  $\text{AgNO}_3$ ;  
 г)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{O}$ .



4. Напишите формулу строения углеводорода состава  $\text{C}_7\text{H}_{12}$ , если в результате разложения продуктов его озонлиза получают формальдегид  $\text{CH}_2\text{O}$ , уксусный альдегид  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{O}$  и диацетил  $\text{O} = \text{CCH}_3 - \text{CH}_3\text{C} = \text{O}$ . Назовите его и напишите для него реакции присоединения:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);  
 б)  $\text{Br}_2$ ;  
 в)  $\text{O}_3$ .

5. Получите из бензола:



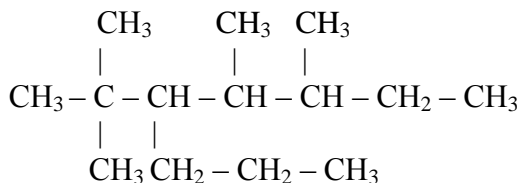
Назовите и введите данные соединения в реакции со следующими реагентами:

- а)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;  
 б)  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ;

в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разберите механизм реакции).

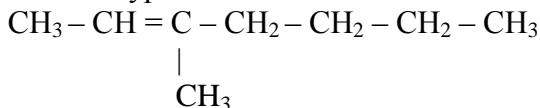
### Вариант №20

1. Назовите по систематической номенклатуре следующий углеводород:



Получите данное соединение любым способом. Какие химические превращения могут происходить с полученным углеводородом в процессе крекинга, галогенирования и нитрования (напишите механизмы реакций).

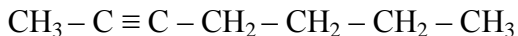
2. Назовите следующий углеводород по систематической и рациональной номенклатурам:



Получите и введите его в реакции со следующими реагентами:

- $\text{HBr}$  (разберите механизм реакции);
- $\text{H}_2\text{O}$ ;
- напишите реакцию анионной полимеризации.

3. Назовите данное соединение:



Получите из соответствующего вицинального дигалогенпроизводного и введите его в реакции со следующими реагентами:

- $\text{H}_2\text{O}$  (разберите механизм реакции);
- $\text{HCl}$ ;
- $\text{AgNO}_3$ ;
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{HC}=\text{O}$ ;

д)  $C_2H_5OH$ .

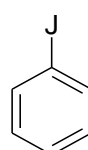
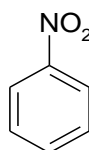
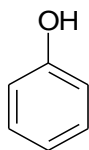
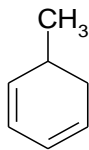
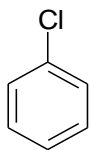
4. Напишите все структурные формулы изомерных 2,3-диметил-1,3-пентадиену. Назовите их. Для данного диена напишите реакции присоединения:

а)  $H_2O$  (разберите механизм реакции);

б)  $Br_2$ ;

в)  $O_3$ .

5. Определите реакционную способность следующих соединений в реакциях нитрования. Получите продукты и назовите их.



## СОДЕРЖАНИЕ

1. НАСЫЩЕННЫЕ (ПРЕДЕЛЬНЫЕ) УГЛЕВОДОРОДЫ. АЛКАНЫ (ПАРАФИНЫ)	3
2. НЕНАСЫЩЕННЫЕ (НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ) УГЛЕВОДОРОДЫ. АЛКЕНЫ (ОЛЕФИНЫ)	17
3. АЛКИНЫ (АЦЕТИЛЕНЬ)	35
4. ДИЕНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ	43
5. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ	54
6. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОБЩИХ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ	71
7. ОБЩИЕ ЗАДАНИЯ	78
7.1. НАСЫЩЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. АЛКАНЫ (ПАРАФИНЫ)	78
7.2. НЕНАСЫЩЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. АЛКЕНЫ (ОЛЕФИНЫ)	79
7.3. АЛКИНЫ (АЦЕТИЛЕНЬ)	80
7.4. ДИЕНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ	81
7.5. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ	82
8. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	117

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.А. Петров, Х.В. Бальян, А.Т. Трощенко. Органическая химия. 5-е изд. – М.: Высшая школа, 2002 г. - 624 с.
2. А.И. Артеменко. Органическая химия. 4-е изд. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 558 с.
3. О.А. Реутов. Органическая химия. 3-е изд.– М.: Бином, 2011. Ч.1 – 567 с.; Ч.2 – 623 с.; Ч.3 – 544 с.; Ч.4 – 726 с.
4. Ю.С. Шабаров. Органическая химия. 4-е издание. – М.: Химия, 2002 г. – 848 с.
5. Алифатические и ароматические углеводороды и их производные с моно и полифункциональными группами: методические указания, ч.1/ сост. Г.С. Кутузова, Е.Ю. Бондырева. Казань, 2005 г. – 72 с.
6. Б.Д. Березин. Курс современной органической химии: Учеб. пособие / Б. Д. Березин, Д. Б. Березин. – М.: Высш. шк., 2001. – 768с.

**Учебное издание**

**Кутузова Галина Сергеевна**  
кандидат технических наук, доцент

**Бондырева Елена Юрьевна**  
кандидат педагогических наук

## **УГЛЕВОДОРОДЫ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СПО**

Корректор Белова И.М.  
Худ. редактор Фёдорова Л.Г.

Сдано в набор 04.12.15.  
Подписано в печать 07.12.15.  
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 7,4. Тираж 100 экз.  
Заказ №29.

НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ»,  
г. Нижнекамск, 423570, ул. 30 лет Победы, д. 5а.