

# Органика в таблицах



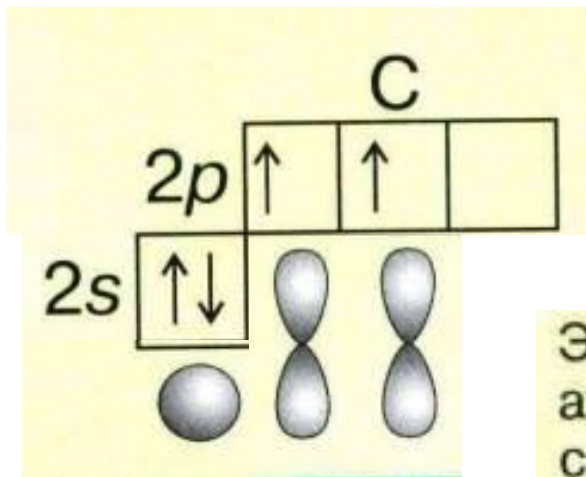
А. М. Бутлеров  
(1828–1886)

Русский химик-органик. Создатель теории химического строения органических соединений.

- 1 Атомы в молекулах соединяются согласно их валентности
- 2 Свойства органических веществ зависят не только от их качественного и количественного состава, но и от того, в каком порядке соединены атомы в молекулах, т.е. от химического строения
- 3 Атомы в молекулах взаимно влияют друг на друга
- 4 Свойства органических веществ зависят от их строения. Зная строение вещества, можно определить его свойства
- 5 Химическое строение может быть установлено химическими методами

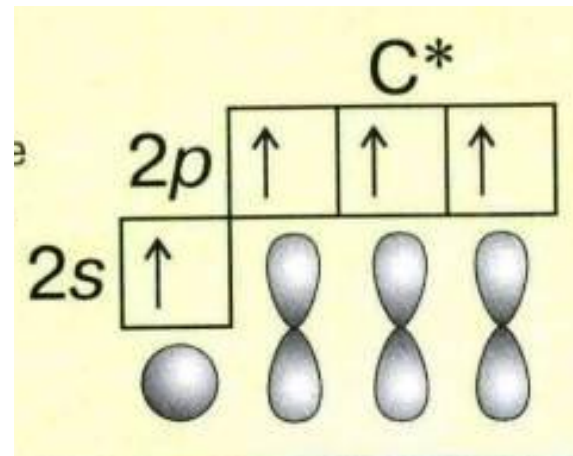
19 сентября 1861 г., г. Шпейер

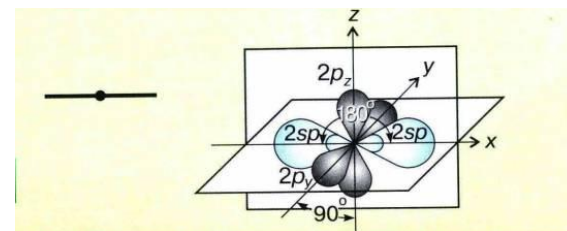
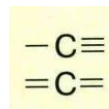
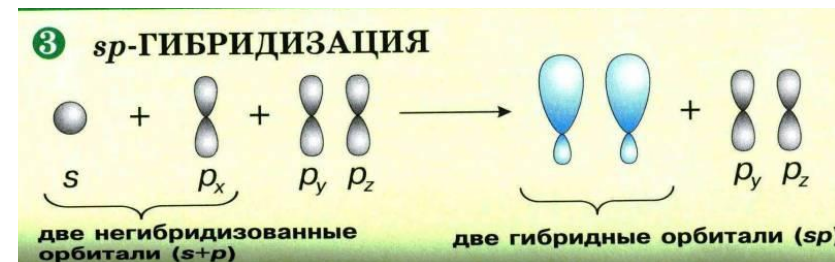
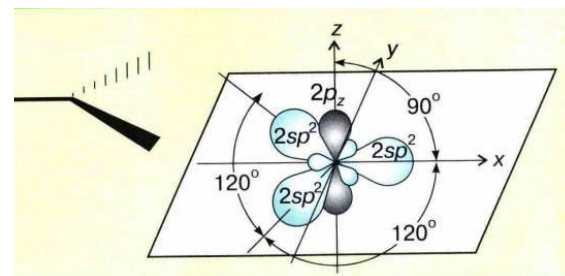
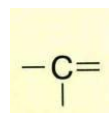
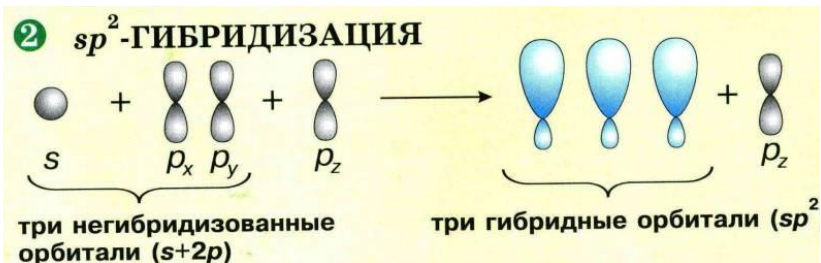
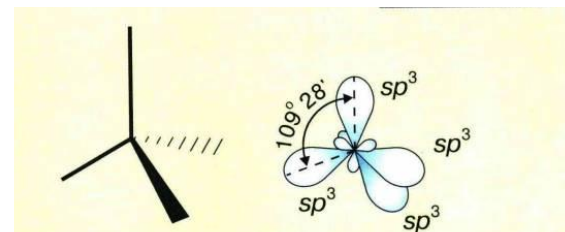
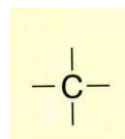
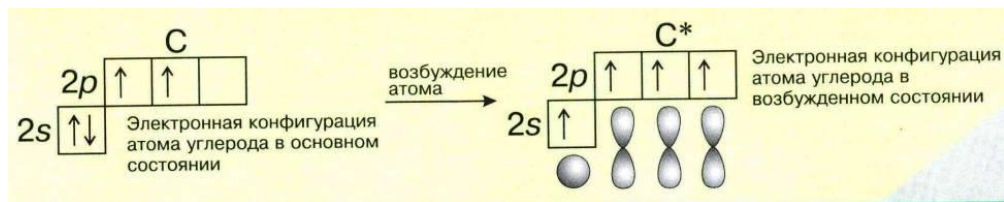




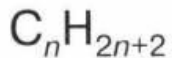
Электронная конфигурация атома углерода в основном состоянии

Электронная конфигурация атома углерода в возбужденном состоянии



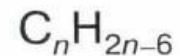


## АЛКАНЫ



пропан

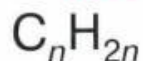
## АРЕНЫ



бензол

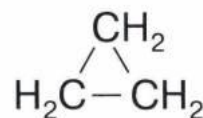
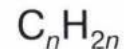


## АЛКЕНЫ



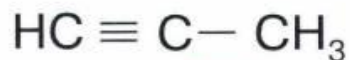
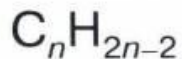
пропен

## ЦИКЛОАЛКАНЫ



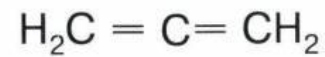
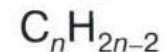
циклопропан

## АЛКИНЫ



пропин

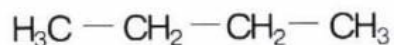
## АЛКАДИЕНЫ



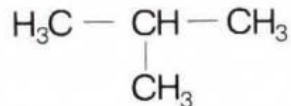
пропадиен

## СТРУКТУРНАЯ

### 1. Изомерия углеродного скелета

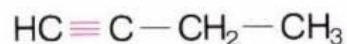


н-бутан



2-метилпропан

### 2. Изомерия положения кратных связей

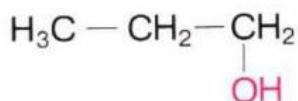


бутин-1

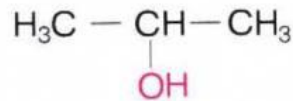


бутин-2

### 3. Изомерия положения функциональной группы

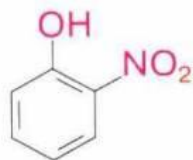


пропанол-1

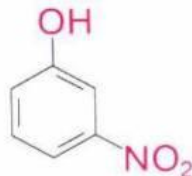


пропанол-2

### 4. Позиционная изомерия



о-нитрофенол

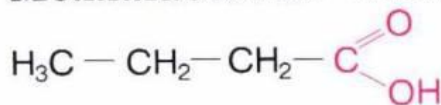


м-нитрофенол

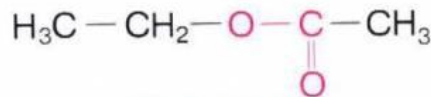


п-нитрофенол

### 5. Межклассовая изомерия



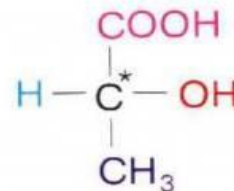
масляная кислота



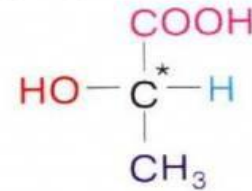
этилацетат

## СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ

### 1. Оптическая (зеркальная)



D-молочная  
кислота

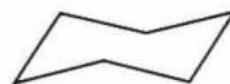


L-молочная  
кислота

### 2. Геометрическая (цис-, транс-изомерия)

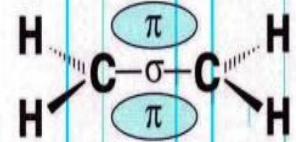
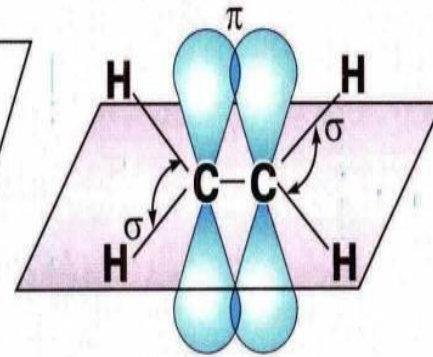
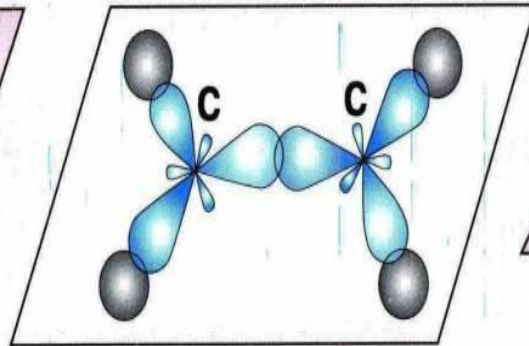
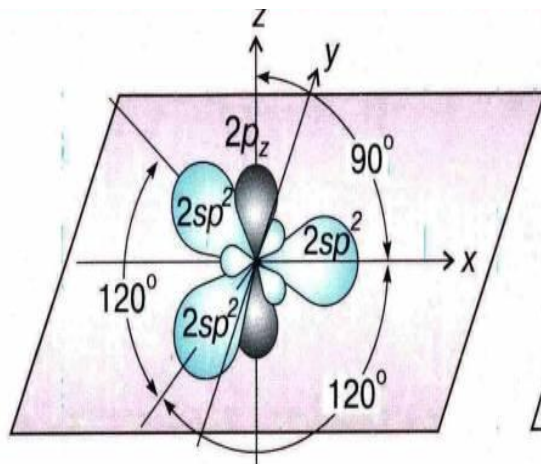


### 3. Конформационная



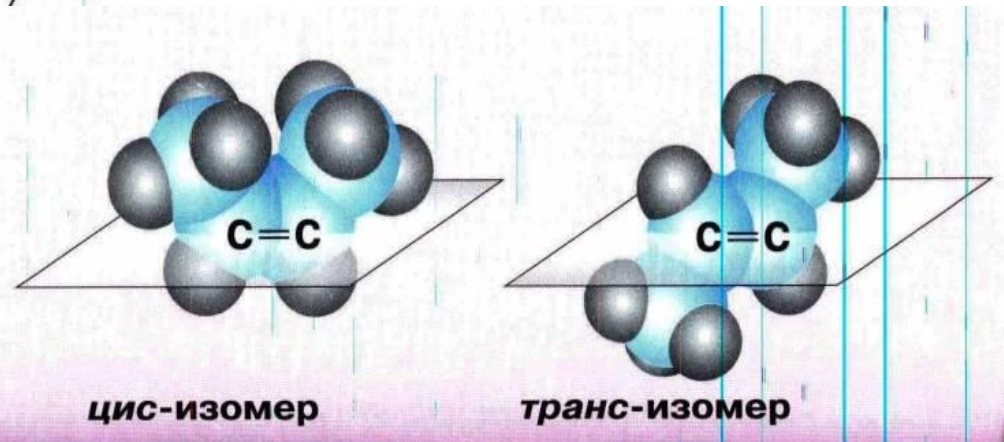
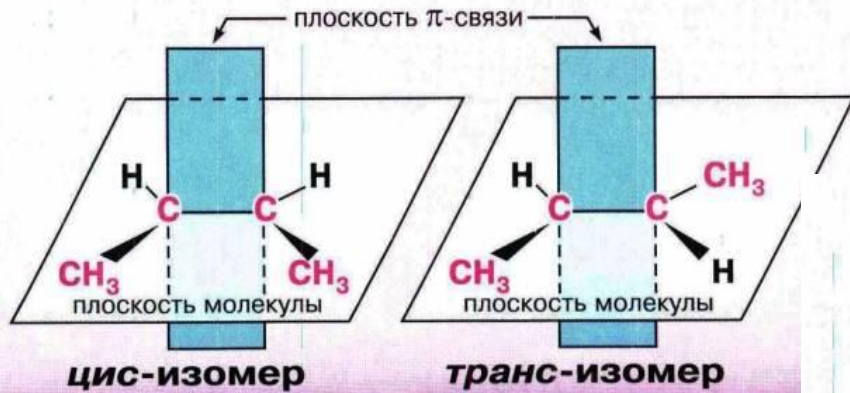
циклогексан в конформациях:

«кресло» (слева) и «ванна» (справа)

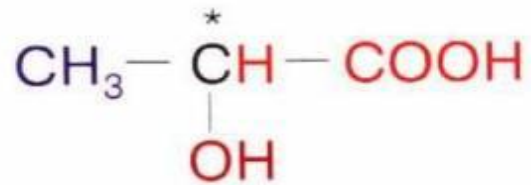


Длина C=C связи  
0,134 нм

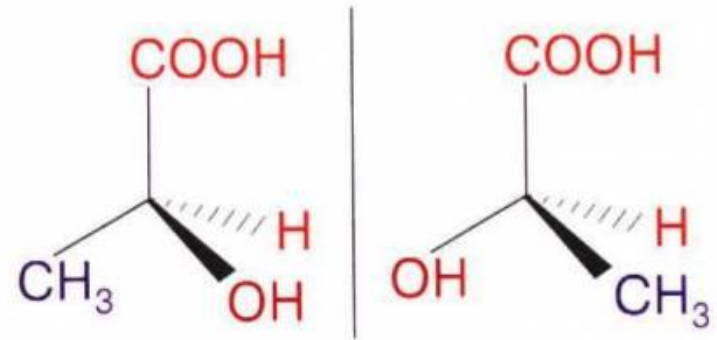
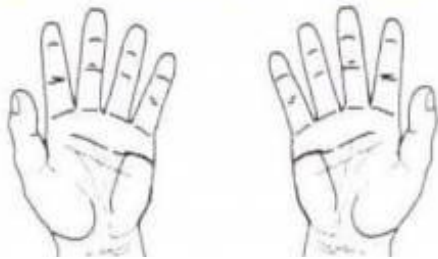
### Геометрическая изомерия (цис-, транс-изомерия) на примере бутена-2



## МОЛОЧНАЯ КИСЛОТА



(C\* – асимметрический атом углерода)

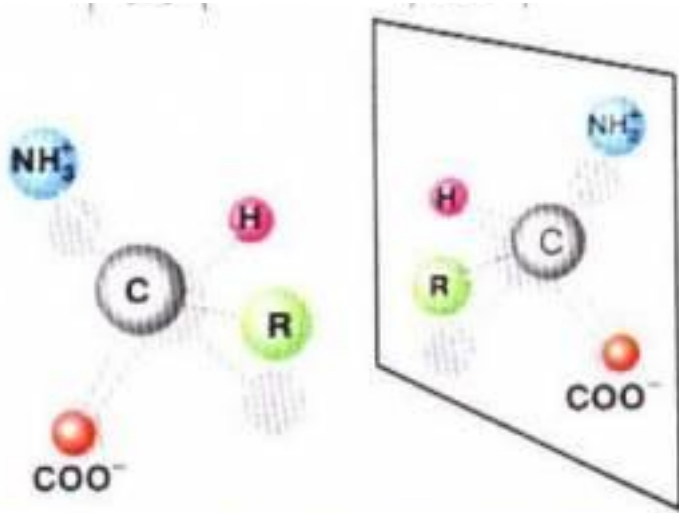
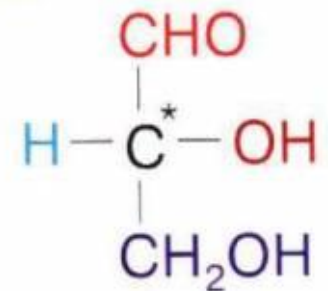
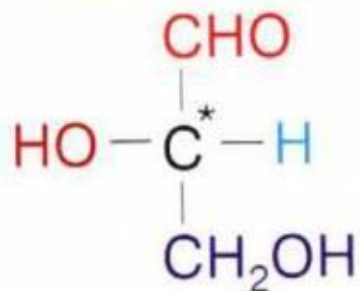


энантиомеры (зеркальные изомеры)  
молочной кислоты

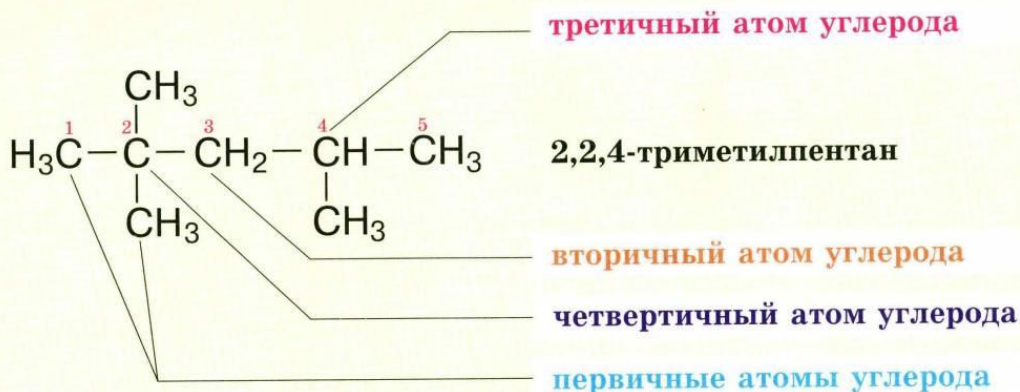
## энантиомеры глицеринового альдегида

L-глицериновый альдегид

D-глицериновый альдегид

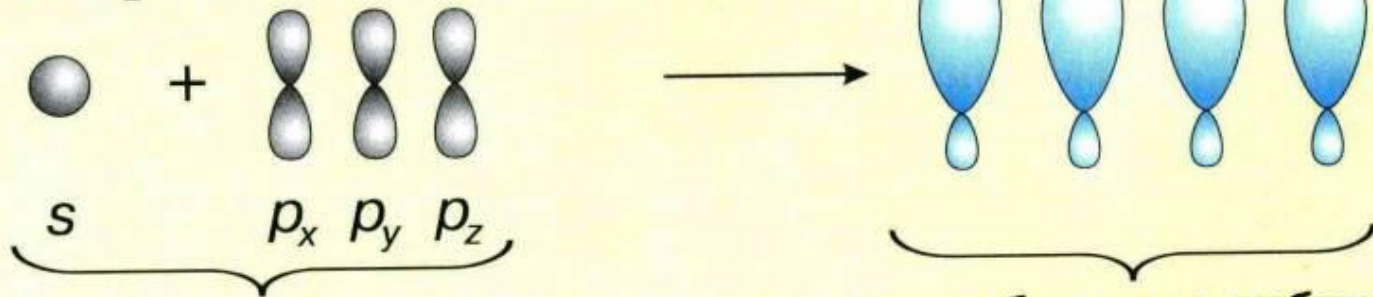






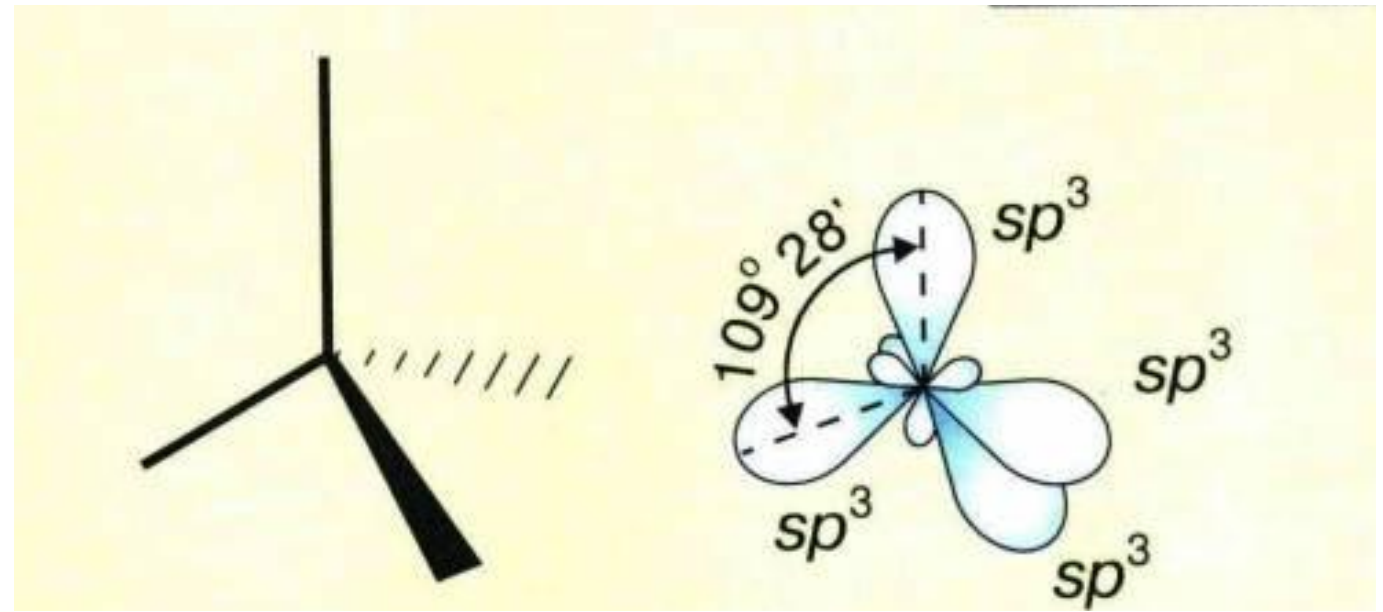
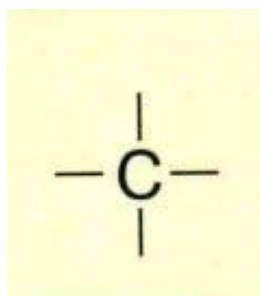
АЛКАНЫ	АЛКИЛЬНЫЕ РАДИКАЛЫ	
$\text{CH}_4$ метан	$-\text{CH}_3$ метил-	
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$ этан	$-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ этил-	
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ пропан	Первичный радикал $-\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ пропил-	Вторичный радикал $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\   \\ \text{HC}- \\   \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$ изопропил-
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ н-бутан	Первичные радикалы $-\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ бутил-	Вторичный радикал $\text{H}_3\text{C}-\overset{ }{\text{C}}\text{H}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ втор-бутил-
$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}\text{H}-\text{CH}_3$ 2-метилпропан	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\   \\ \text{HC}-\text{CH}_2- \\   \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$ изобутил-	Третичный радикал $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-$ трет-бутил-

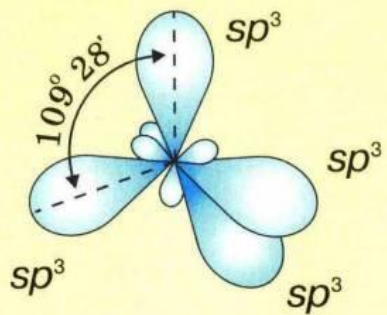
# 1 $sp^3$ -ГИБРИДИЗАЦИЯ



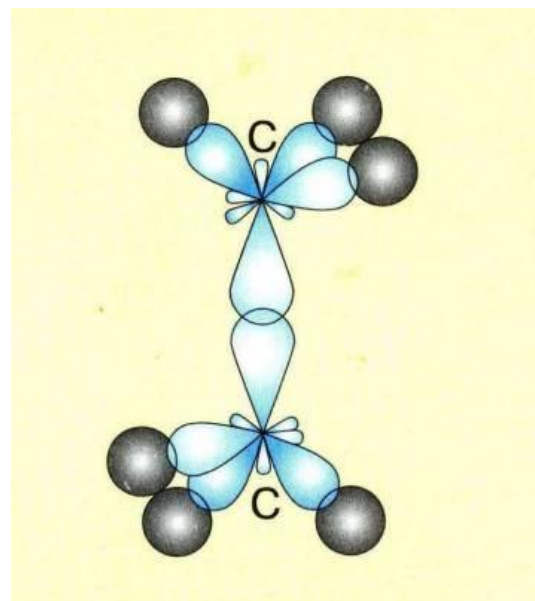
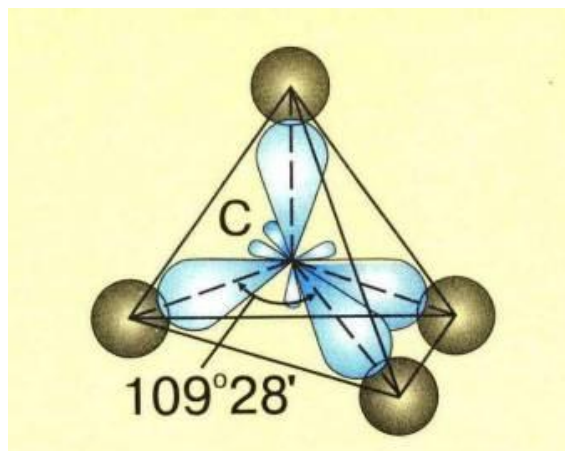
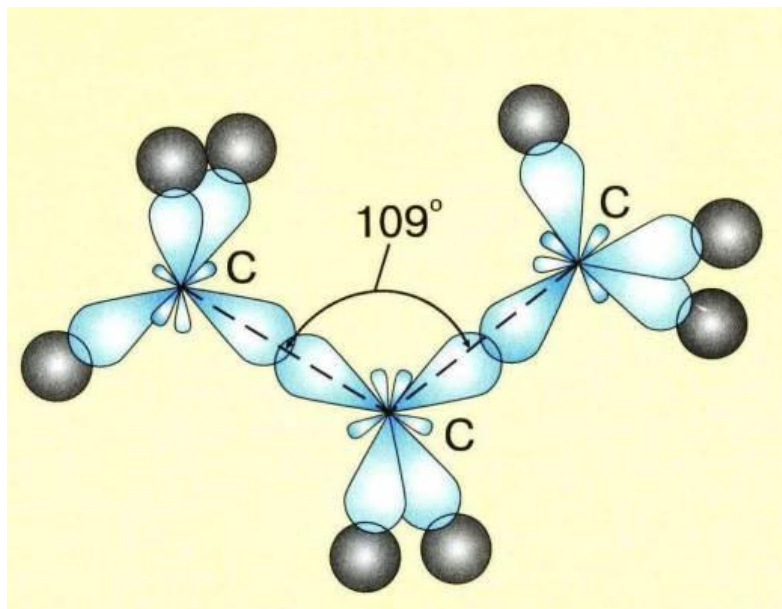
четыре негибридизованные орбитали ( $s+3p$ )

четыре гибридные орбитали

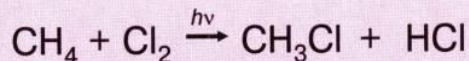




**Расположение четырех гибридных орбиталей атома углерода в состоянии  $sp^3$ -гибридизации**



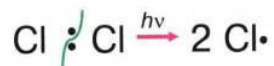
# МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ ( $S_R$ )



Н.Н. Семенов  
(1896–1986)

В 1956 г. Н.Н. Семенов и С. Хиншельвуд были удостоены Нобелевской премии по химии “за исследования в области механизма химических реакций”.

## 1. Начало цепи (гомолитическое расщепление молекулы $\text{Cl}_2$ )



$$E_{\text{св.}}(\text{C}-\text{H}) = 435 \text{ кДж/моль}$$

$$E_{\text{св.}}(\text{Cl}-\text{Cl}) = 242,6 \text{ кДж/моль}$$

## 2. Рост (развитие) цепи

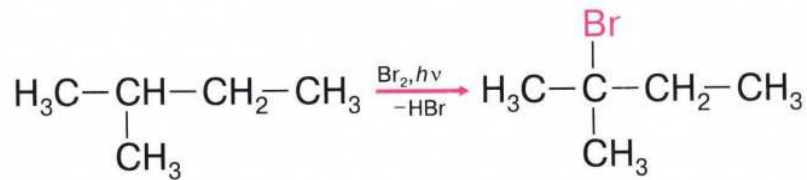


.....

## 3. Обрыв цепи



Введение ингибиторов  
( $\text{I}_2$ ,  $\text{NO}$ , гидрохинон)



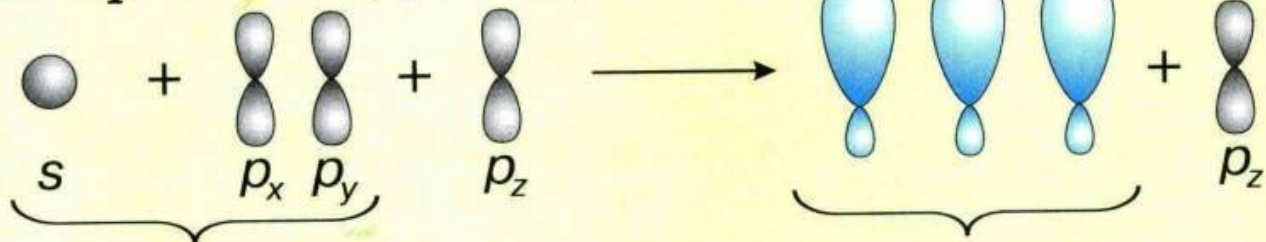
2-метилбутан

2-бром-2-метилбутан

$S$  – от англ. *substitution* – замещение

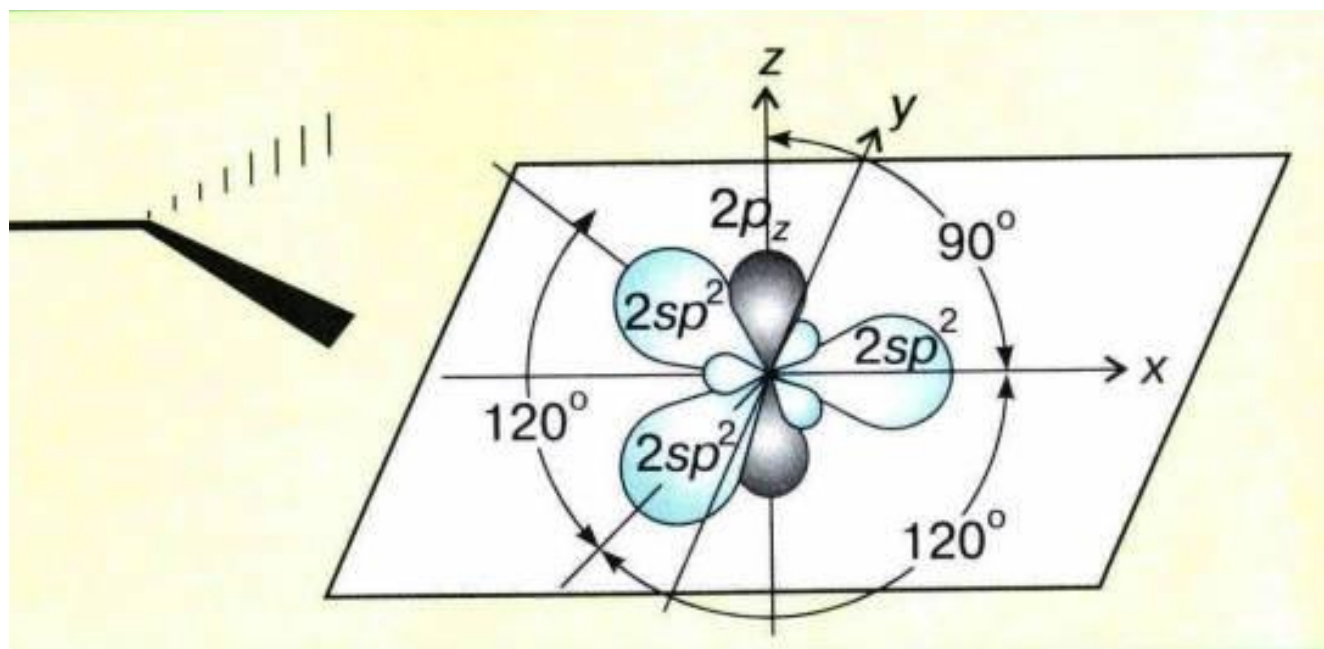
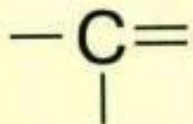
$R$  – от лат. *radix* – радикальное

## 2 $sp^2$ -ГИБРИДИЗАЦИЯ

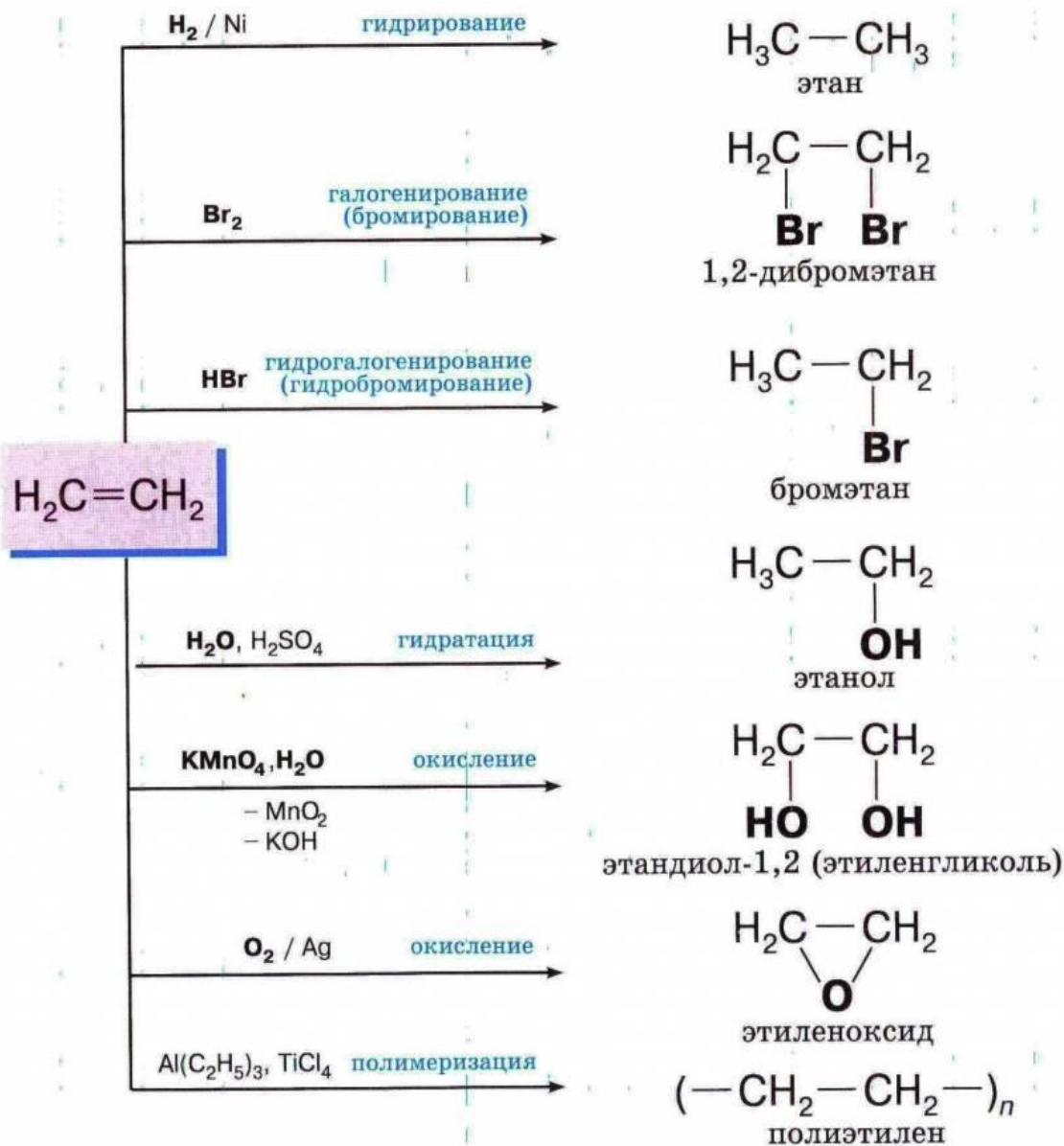


три негибридизованные орбитали ( $s+2p$ )

три гибридные орбитали ( $sp^2$ )

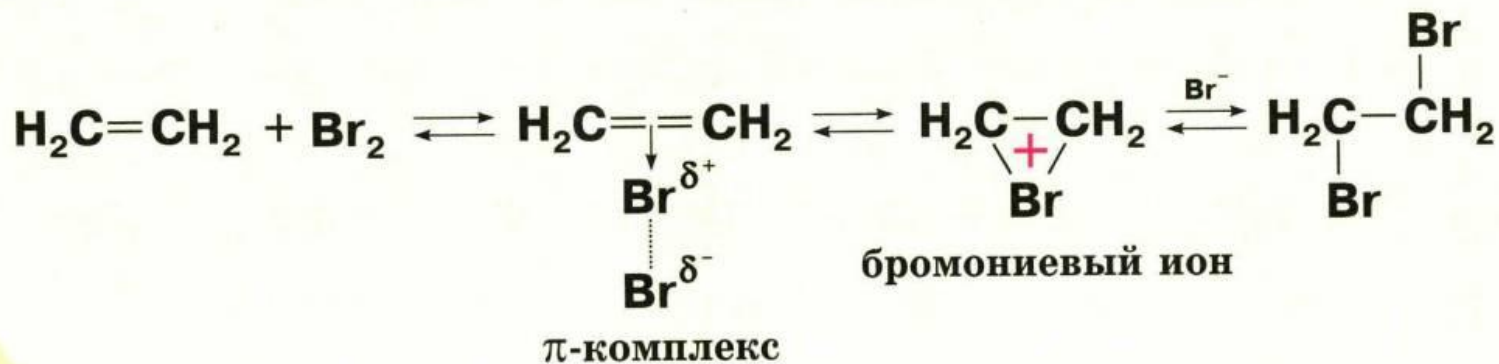
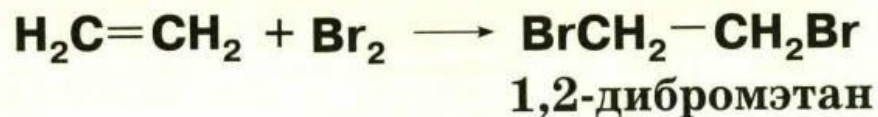


# РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ



## МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ ( $Ad_E$ )

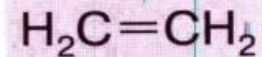
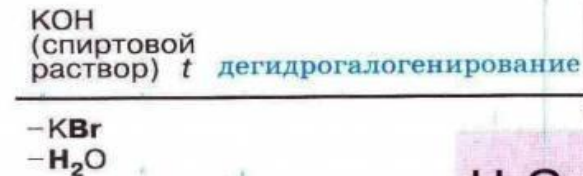
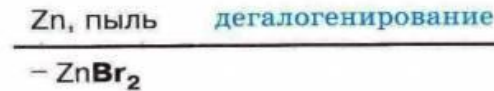
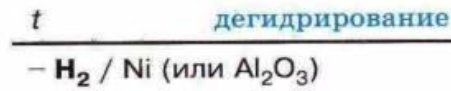
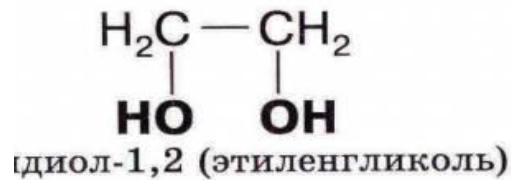
*Ad* – от англ. *addition* – присоединение  
*E* – электрофильное







# РЕАКЦИИ ОТЩЕПЛЕНИЯ



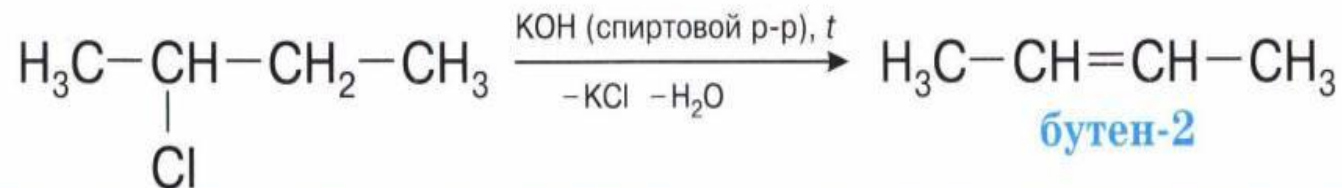


А. М. Зайцев  
(1841 – 1910)

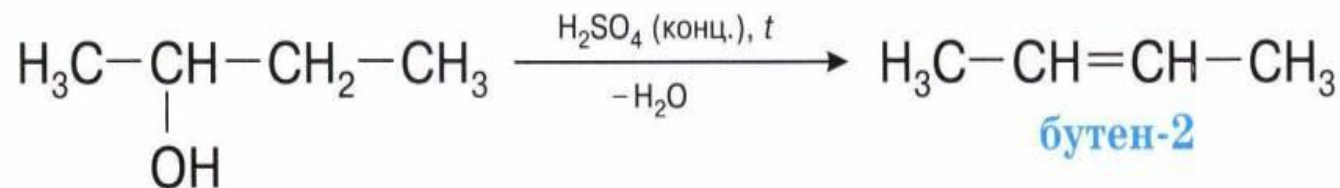
Русский химик-органик. Исследования в основном направлены на развитие и усовершенствование органического синтеза и теории химического строения Бутлерова.

## ОТЩЕПЛЕНИЕ ПО ПРАВИЛУ ЗАЙЦЕВА

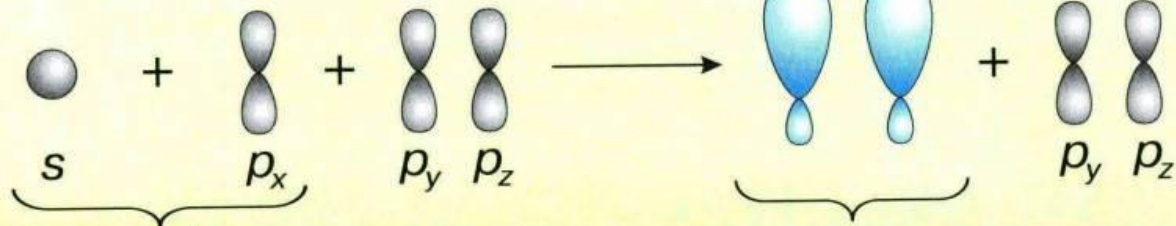
### Дегидрогалогенирование 2-хлорбутана



### Дегидратация бутанола-2

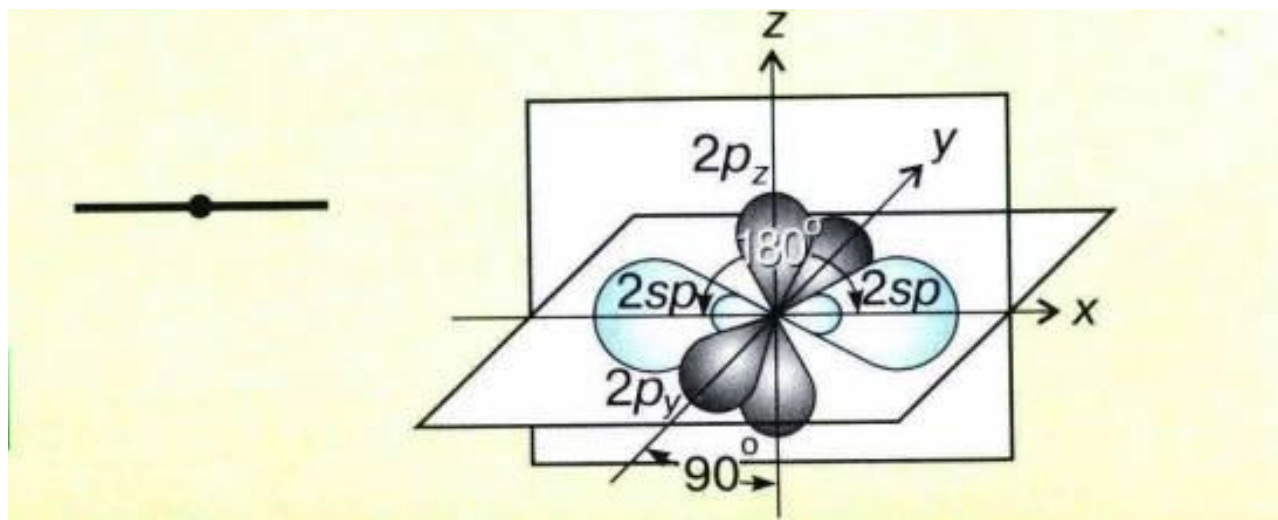
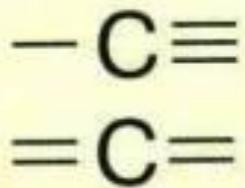


### 3 $sp$ -ГИБРИДИЗАЦИЯ



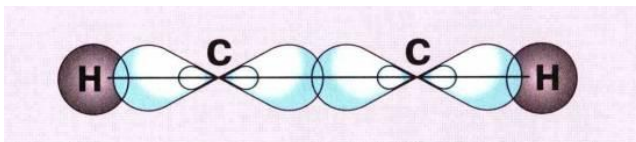
две негибридизованные орбитали ( $s+p$ )

две гибридные орбитали ( $sp$ )

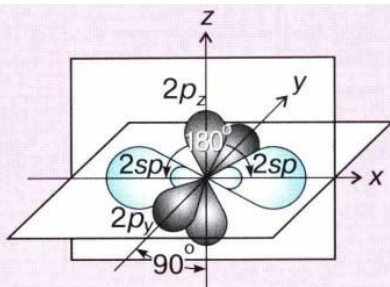


$\text{HC}\equiv\text{CH}$  (ацетилен, этин)

Схема образования  $\sigma$ -связей в молекуле ацетилена



Длина  $\text{C}\equiv\text{C}$  связи 0,120 нм



Расположение орбиталей атома углерода в состоянии  $sp$ -гибридизации

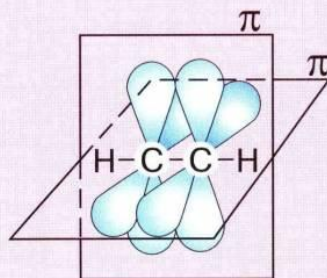
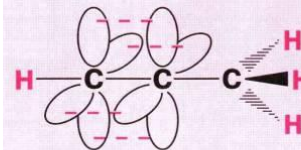


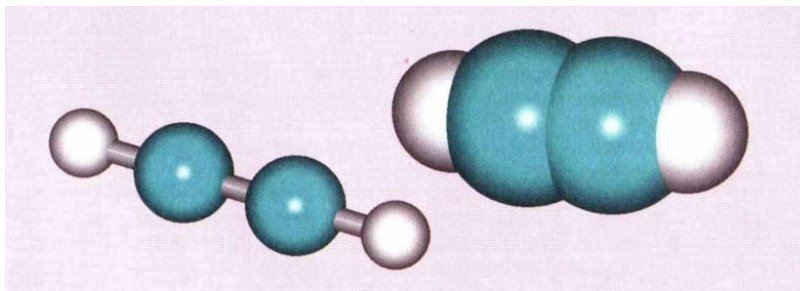
Схема образования  $\pi$ -связей в молекуле ацетилена

Схема образования связей в молекуле пропина

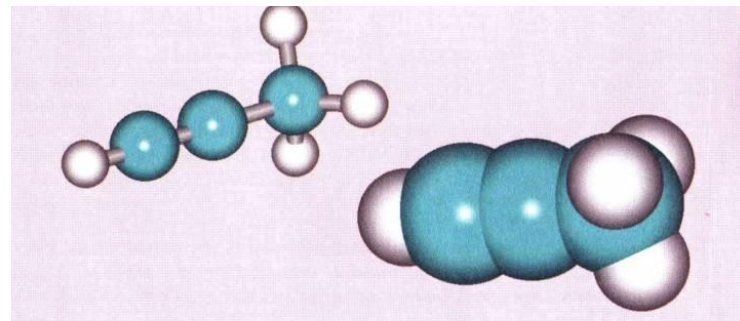
$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$  (пропин)



Модели молекул ацетилена: шаростержневая (слева) и масштабная (справа)



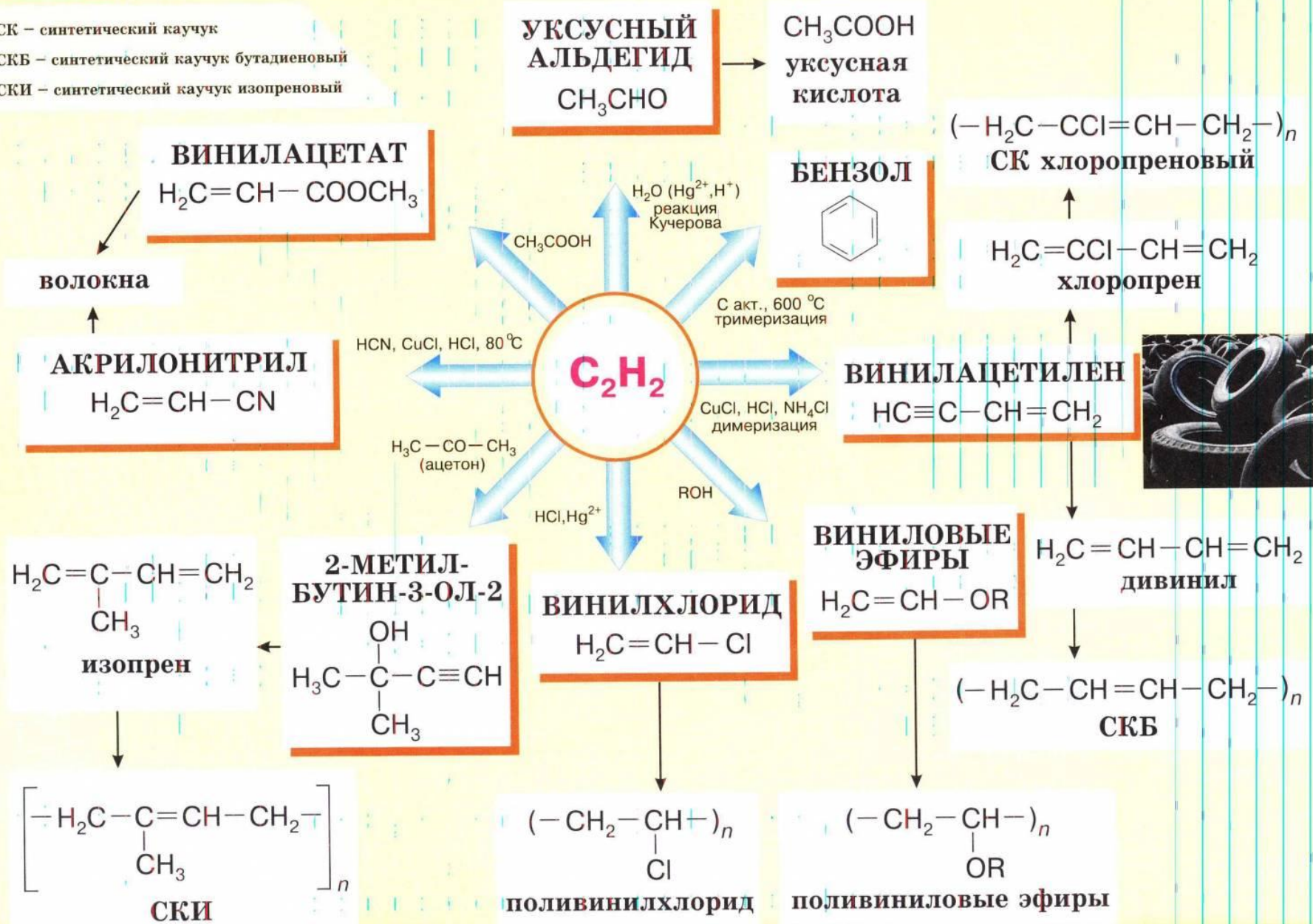
Модели молекул пропина: шаростержневая (слева) и масштабная (справа)



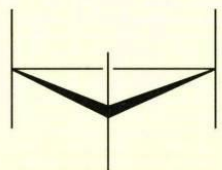
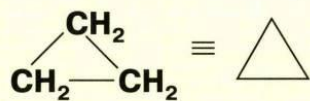
СК – синтетический каучук

СКБ – синтетический каучук бутадиеновый

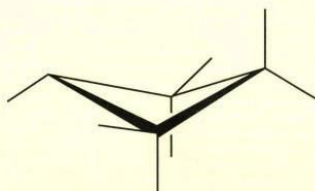
СКИ – синтетический каучук изопреновый



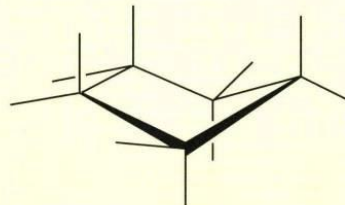
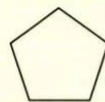
**ЦИКЛОПРОПАН**



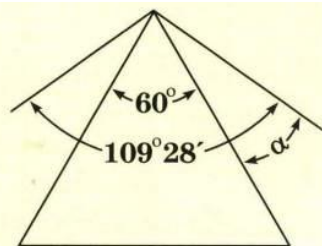
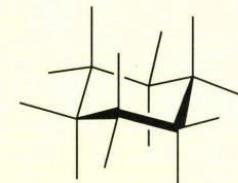
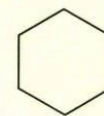
**ЦИКЛОБУТАН**



**ЦИКЛОПЕНТАН**



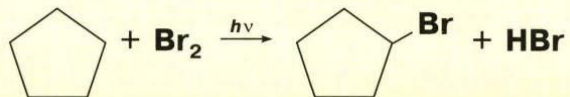
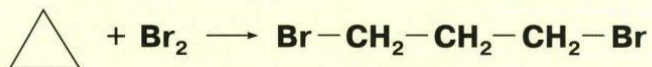
**ЦИКЛОГЕКСАН**



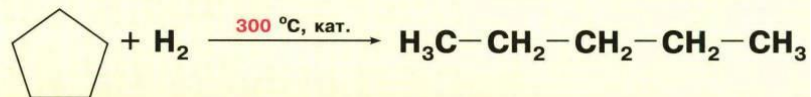
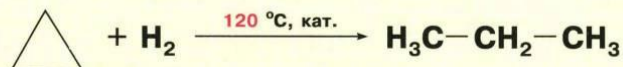
**Угловое напряжение  
в циклопропане:**

$$\alpha = \frac{109^{\circ}28' - 60^{\circ}}{2} = 24^{\circ}44'$$

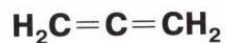
**БРОМИРОВАНИЕ ЦИКЛОАЛКАНОВ**



**ГИДРИРОВАНИЕ ЦИКЛОАЛКАНОВ**



с кумулированными двойными связями



пропадиен (аллен)

с сопряженными двойными связями



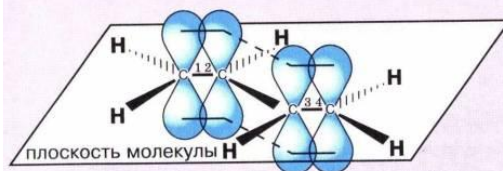
бутадиен-1,3 (дивинил)

с изолированными двойными связями

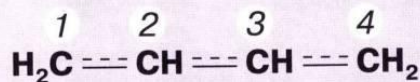


пентадиен-1,4

Делокализация  $\pi$ -электронов



Перекрывание  $p$ -орбиталей  $\text{C}^2$  и  $\text{C}^3$

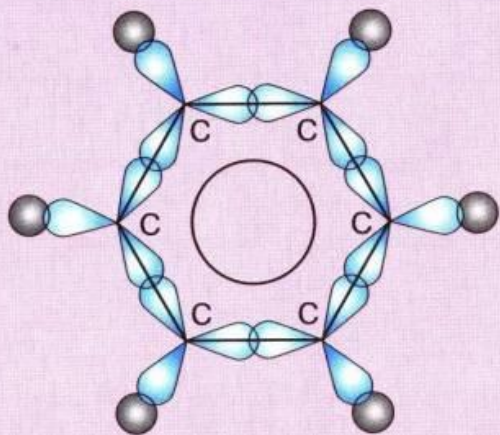
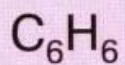


Длина связи	а) этан б) этилен	<b>ДИВИНИЛ</b>
$\text{C}-\text{C}$	а) 0,154 нм	<b>0,146 нм</b>
$\text{C}=\text{C}$	б) 0,134 нм	<b>0,137 нм</b>

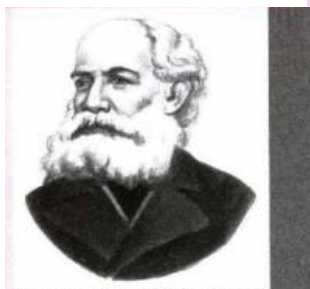
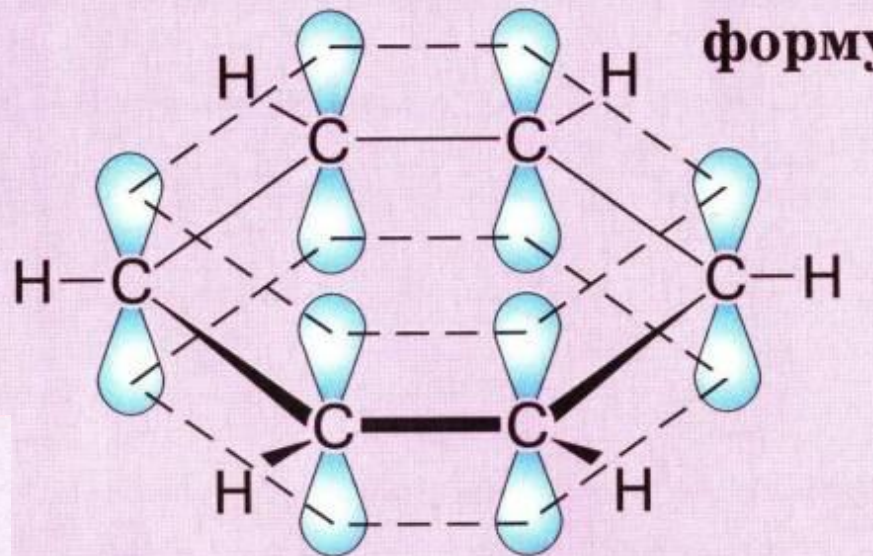






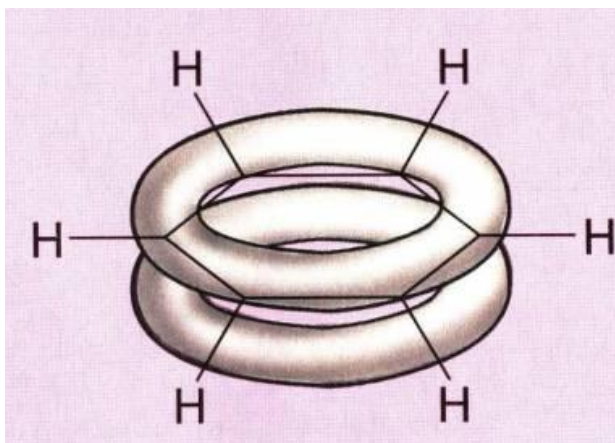
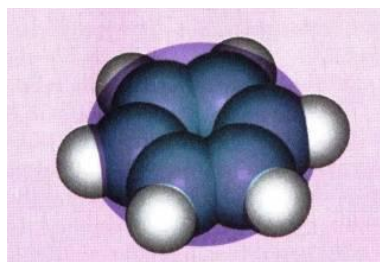
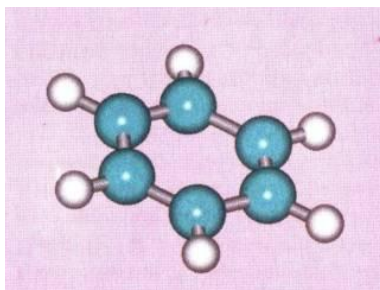


Длина C — C связи  
0,140 нм



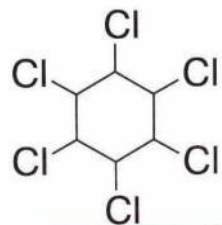
А. Кекуле  
(1829 — 1896)

Немецкий химик-  
органик. Предложил  
структурную  
формулу бензола



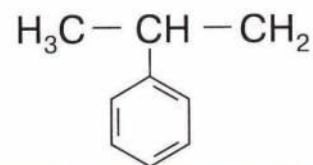
# СИНТЕЗЫ НА ОСНОВЕ БЕНЗОЛА

## ГЕКСАХЛОРАН

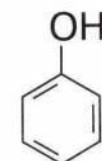
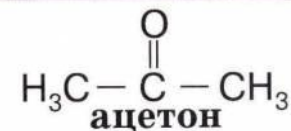


$\text{Cl}_2, h\nu$   
хлорирование  
на свету

## КУМОЛ (ИЗОПРОПИЛБЕНЗОЛ)

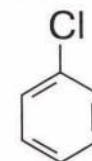


$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3$   
 $\text{AlCl}_3$   
алкилирование



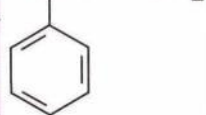
фенол

## ХЛОРБЕНЗОЛ



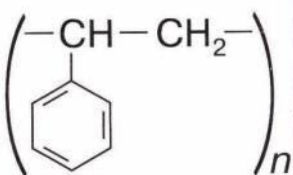
$\text{Cl}_2, \text{FeCl}_3$   
хлорирование

## СТИРОЛ



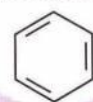
1.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}, \text{AlCl}_3$   
алкилирование

2.  $-\text{H}_2, \text{Ni}$   
дегидрирование



полистирол

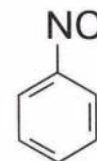
## БЕНЗОЛ



$\text{CH}_3\text{Cl}, \text{AlCl}_3$   
алкилирование

$\text{H}_2/\text{Pt}, 180^\circ\text{C}$   
гидрирование

## НИТРОБЕНЗОЛ

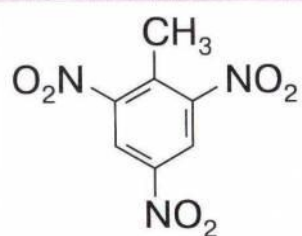
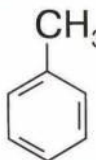


$\text{HNO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.})$   
нитрование

## ЦИКЛОГЕКСАН



## ТОЛУОЛ



2,4,6-тринитро-  
толуол



М. Фарадей  
(1791 – 1867)

Английский физик и химик. Основатель электрохимии. Открыл бензол; впервые получил в жидком состоянии хлор, сероводород, аммиак, оксид азота(IV).

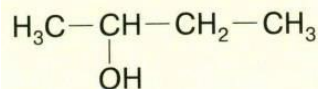
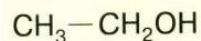


**1 ЧИСЛО ГИДРОКСИЛЬНЫХ ГРУПП В МОЛЕКУЛЕ СПИРТА**

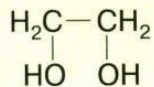
**СПИРТЫ**



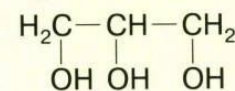
**ОДНОАТОМНЫЕ**



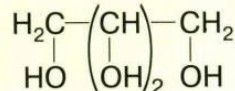
**ДВУХАТОМНЫЕ (ГЛИКОЛИ)**



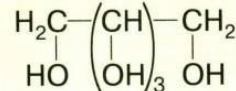
**Трехатомные**



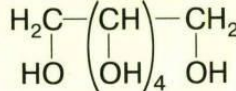
**Четырехатомные**



**Пятиатомные**



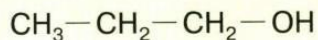
**Шестиатомные**



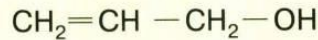
**2 ПРИРОДА УГЛЕВОДОРОДНОГО РАДИКАЛА**

**СПИРТЫ**

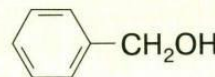
**ПРЕДЕЛЬНЫЕ**



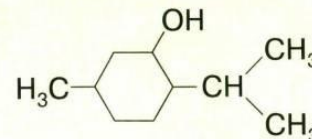
**НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ**



**АРОМАТИЧЕСКИЕ**



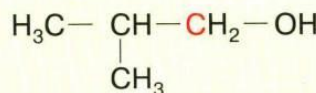
**ЦИКЛИЧЕСКИЕ**



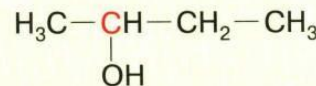
**3 ТИП УГЛЕРОДНОГО АТОМА, СОДЕРЖАЩЕГО ГРУППУ -OH**

**СПИРТЫ**

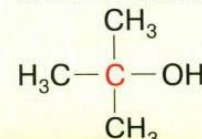
**ПЕРВИЧНЫЕ**



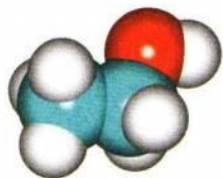
**ВТОРИЧНЫЕ**



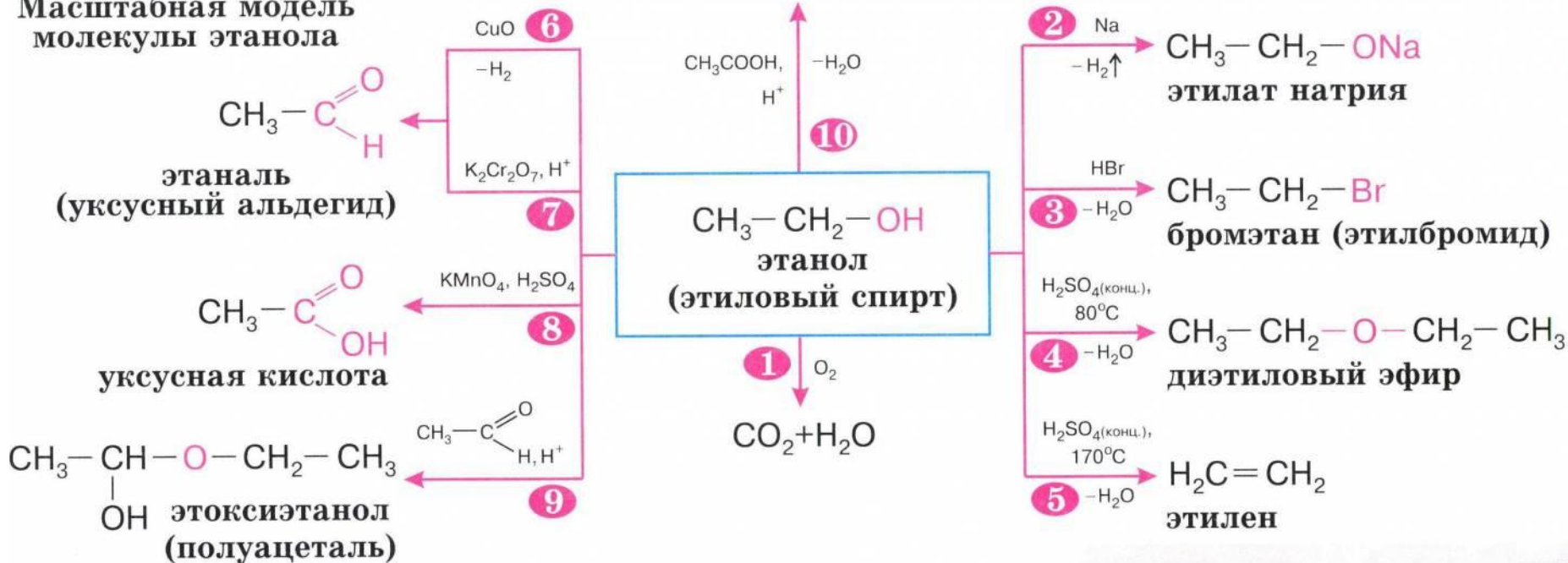
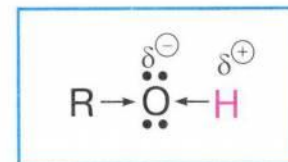
**ТРЕТИЧНЫЕ**



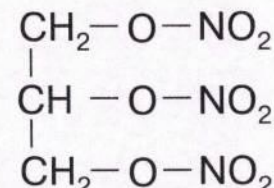
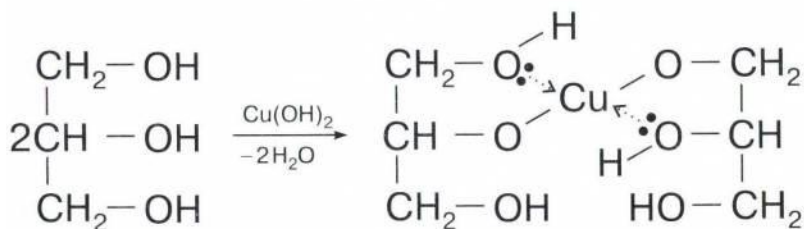
# СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА СПИРТОВ



Масштабная модель молекулы этанола



## Качественная реакция на многоатомные спирты



## тринитроглицерин

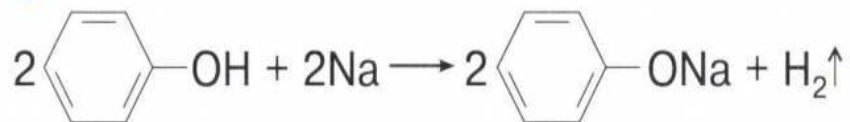
Изобретения Нобеля связаны с производством взрывчатых веществ. В последние годы жизни проводил исследования в области электрохимии, оптики, биологии.



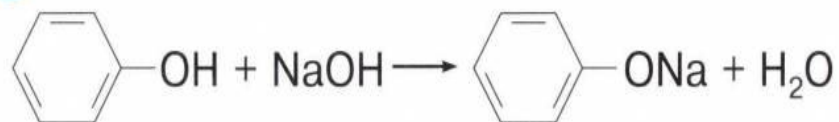
А. Нобель  
(1833-1896)

КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА  
ФЕНОЛА  
(СРАВНЕНИЕ СО СПИРТОМ)

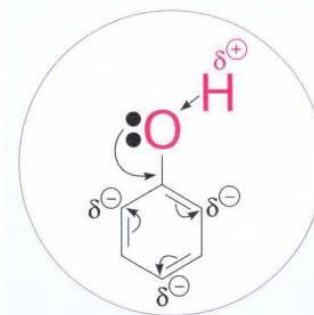
1



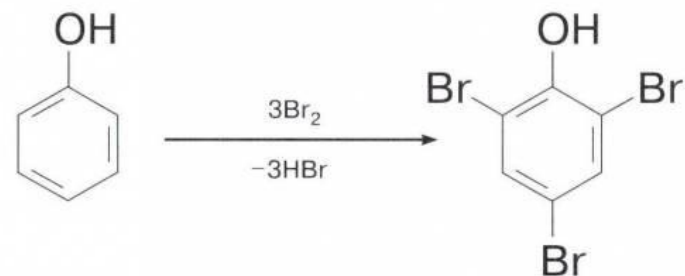
2



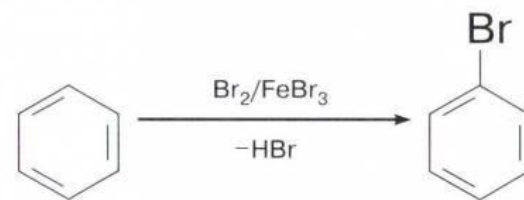
3



РЕАКЦИИ ЗАМЕЩЕНИЯ В  
БЕНЗОЛЬНОМ КОЛЬЦЕ  
(СРАВНЕНИЕ С БЕНЗОЛОМ)

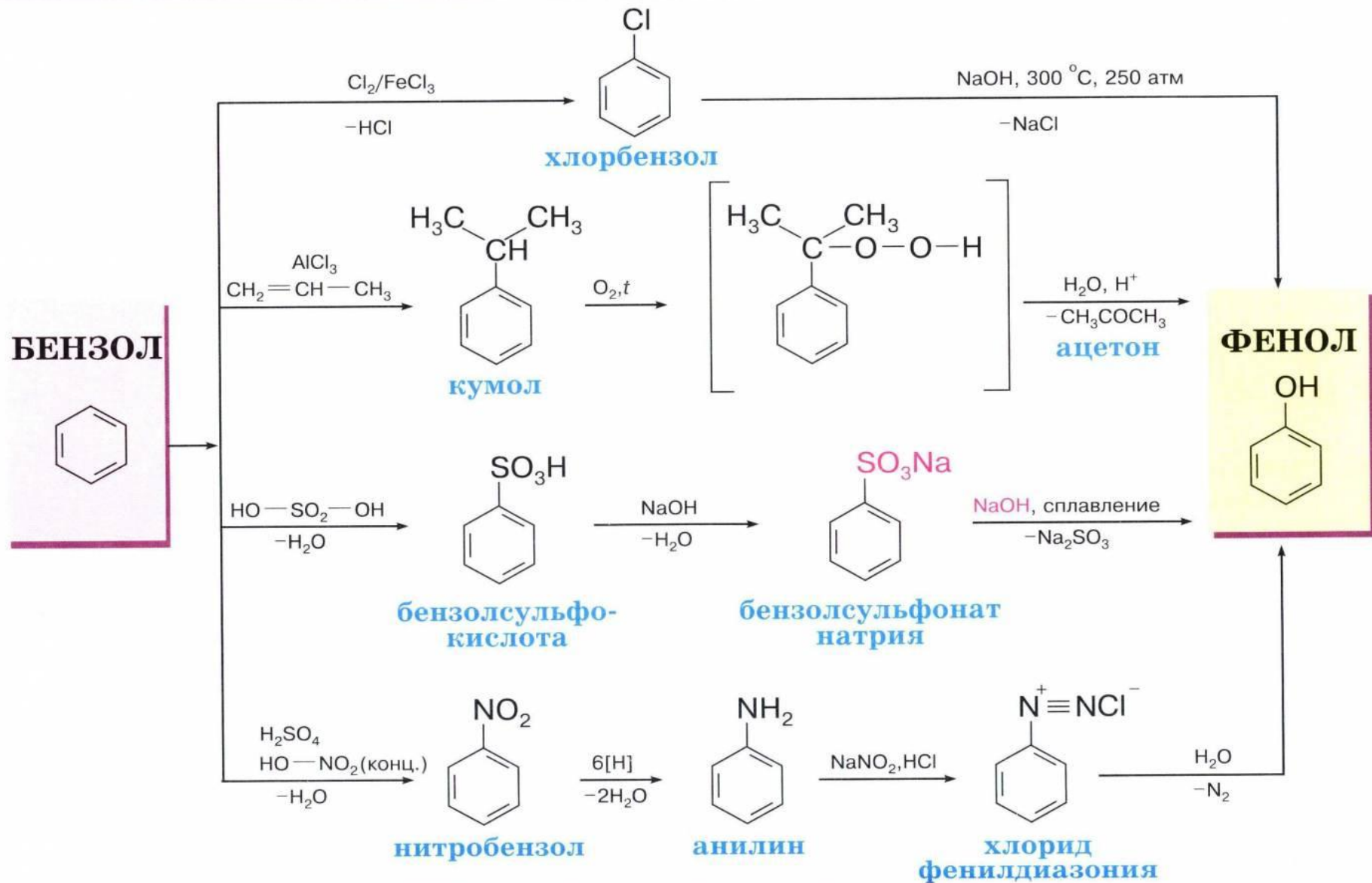


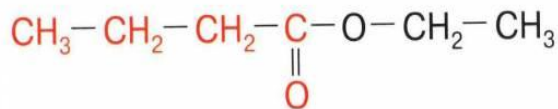
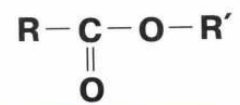
2,4,6-три-  
бромфенол



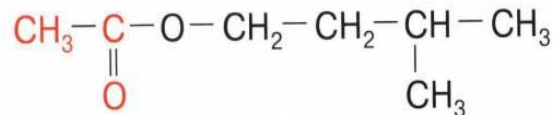
бромбензол

# МЕТОДЫ СИНТЕЗА ФЕНОЛА

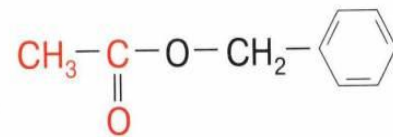




**этилбутират**  
(этиловый эфир  
масляной кислоты)  
запах ананаса

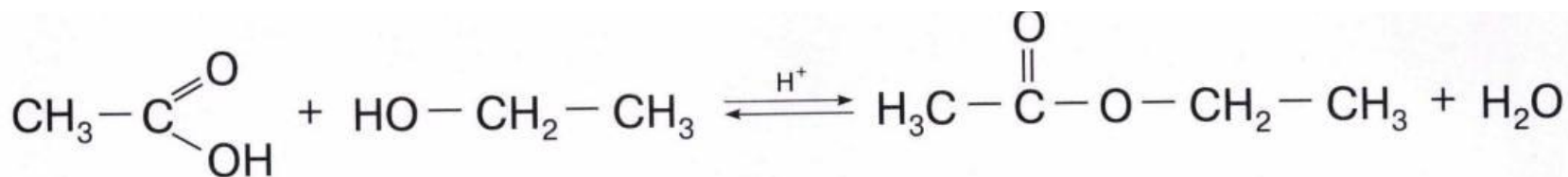


**изопентилацетат**  
(изопентиловый эфир  
уксусной кислоты)  
запах груши



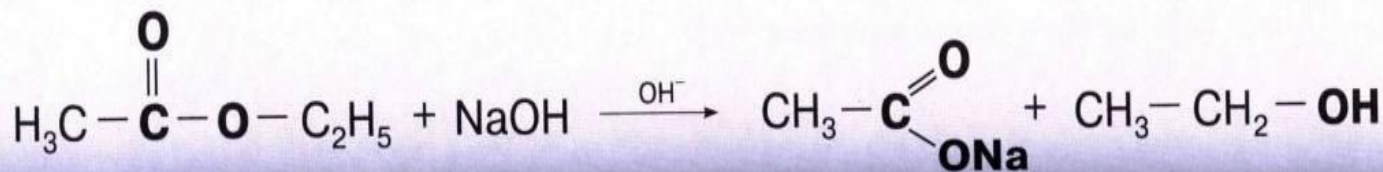
**бензилацетат**  
(бензиловый эфир  
уксусной кислоты)  
запах жасмина

### Реакция этерификации

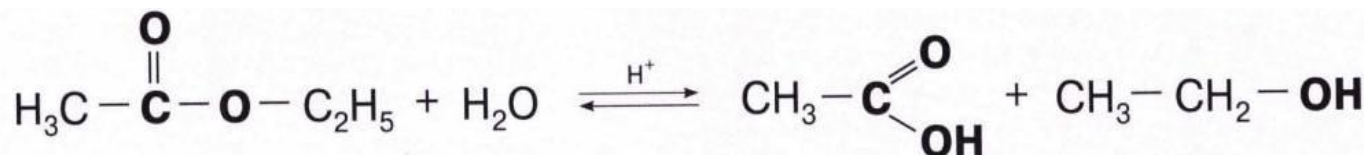


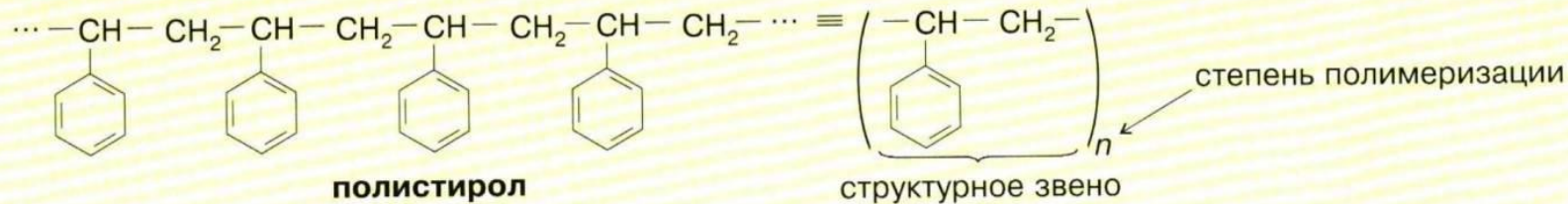
### ГИДРОЛИЗ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ

**Щелочной**

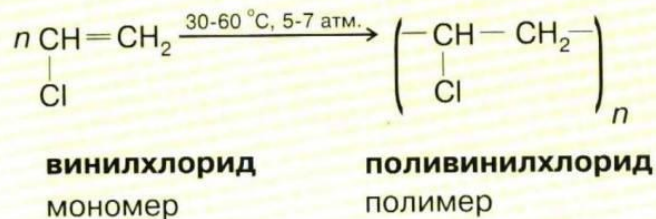


**Кислотный**





### ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ



### ПОЛИКОНДЕНСАЦИЯ



**ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ**  
**Полиэтилен**

**ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ**  
**Фенолформальдегидная  
резольная смола**

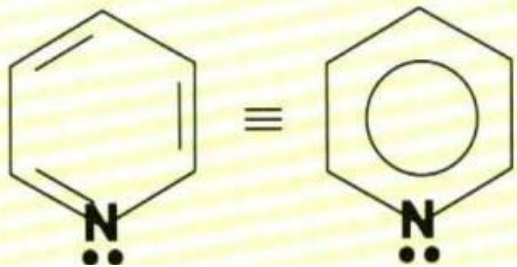
**СИНТЕТИЧЕСКИЕ**  
Лавсан  
Капрон  
Полистирол

**БИОПОЛИМЕРЫ**  
Крахмал  
Целлюлоза  
Белки

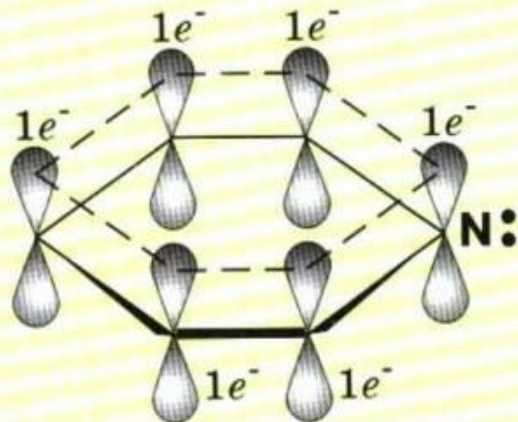
**ИСКУССТВЕННЫЕ**  
Ацетатное волокно  
Вискоза  
Тринитроцеллюлоза



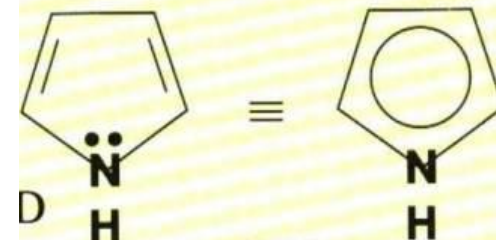
# пиридин



Образование 6π-электронной системы в молекуле пиридина



# пиррол



Образование 6π-электронной системы в молекуле пиррола

