

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

■ **Молекула** — это наименьшая частица данного вещества, обладающая его химическими свойствами. Химические свойства молекулы определяются ее составом и химическим строением.

■ **Атом** — наименьшая частица химического элемента, входящая в состав молекул простых и сложных веществ.

■ Химические свойства элемента определяются строением его атома. Отсюда следует определение атома, соответствующее современным представлениям:

атом — это электронейтральная частица, состоящая из положительно заряженного атомного ядра и отрицательно заряженных электронов.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев
1834–1907

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетический уровень
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	
1	1	H 1,008 ВОДОРОД															He 4,003 ГЕЛИЙ	2
2	2	Li 6,941 ЛИТИЙ	Be 9,0122 БЕРИЛЛИЙ	B 10,811 БОР	C 12,011 УГЛЕРОД	N 14,007 АЗОТ	O 15,999 КИСЛОРОД	F 18,998 ФТОР									Ne 20,179 НЕОН	10
3	3	Na 22,99 НАТРИЙ	Mg 24,312 МАГНИЙ	Al 26,982 АЛЮМИНИЙ	Si 28,086 КРЕМНИЙ	P 30,974 ФОСФОР	S 32,064 СЕРА	Cl 35,453 ХЛОР									Ar 39,948 АРГОН	18
4	4	K 39,102 КАЛИЙ	Ca 40,08 КАЛЬЦИЙ	Sc 44,956 СКАНДИЙ	Ti 47,887 ТИТАН	V 50,942 ВАНАДИЙ	Cr 51,996 ХРОМ	Mn 54,938 МАРГАНЕЦ	Fe 55,845 ЖЕЛЕЗО	Co 58,933 КОБАЛЬТ	Ni 58,71 НИКЕЛЬ							
	5	Cu 63,546 МЕДЬ	Zn 65,37 ЦИНК	Ga 69,72 ГАЛЛИЙ	Ge 72,59 ГЕРМАНИЙ	As 74,922 АРСЕН	Se 78,96 СЕЛЕН	Br 79,904 БРОМ										Kr 83,8 КРИПТОН
5	6	Rb 85,468 РУБИДИЙ	Sr 87,62 СТРОНЦИЙ	Y 88,906 ИТРИЙ	Zr 91,224 ЦИРКОНИЙ	Nb 92,906 НИОБИЙ	Mo 95,94 МОЛИБДЕН	Tc 98 ТЕХНЕЦИЙ	Ru 101,07 РУТЕНИЙ	Rh 102,906 РОДИЙ	Pd 106,4 ПАЛЛАДИЙ							
	7	Ag 107,868 СЕРЕБРО	Cd 112,41 КАДМИЙ	In 114,82 ИНДИЙ	Sn 118,69 ОЛОВО	Sb 121,75 СУРЬМА	Te 127,6 ТЕЛЛУР	I 126,905 ИОД										Xe 131,3 КСЕНОН
6	8	Cs 132,905 ЦЕЗИЙ	Ba 137,34 БАРИЙ	La 138,905 ЛАНТАНОИДЫ	Hf 178,49 ГАФНИЙ	Ta 180,948 ТАНТАЛ	W 183,85 ВОЛЬФРАМ	Re 186,207 РЕНИЙ	Os 190,2 ОСМИЙ	Ir 192,22 ИРИДИЙ	Pt 195,09 ПЛАТИНА							
	9	Au 196,967 ЗОЛОТО	Hg 200,59 РУТУТЬ	Tl 204,37 ТАЛЛИЙ	Pb 207,19 СВИНЕЦ	Bi 208,98 ВИСМУТ	Po [209] ПОЛОНИЙ	At [210] АСТАТ										Rn [222] РАДОН
7	10	Fr [223] ФРАНЦИЙ	Ra [226] РАДИЙ	Ac [227] АКТИНОИДЫ	Rf [261] РЕЗЕРФОРДИЙ	Db [262] ДУБИНИЙ	Sg [263] СИБОРГИЙ	Bh [264] БОРИЙ	Hn [265] ХАННИЙ	Mt [266] МЕЙТНЕРИЙ								
ВЫШНИЕ ОКСИДЫ		R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄									
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR										

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР



НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ

- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 La 138,906 ЛАНТАН	58 Ce 140,12 ЦЕРИЙ	59 Pr 140,908 ПРАЗЕОДИЙ	60 Nd 144,24 НЕОДИЙ	61 Pm [145] ПРОМЕТИЙ	62 Sm 150,4 САМАРИЙ	63 Eu 151,96 ЕВРОПИЙ	64 Gd 157,25 ГАДОЛИНИЙ	65 Tb 158,925 ТЕРБИЙ	66 Dy 162,5 ДИСПРОЗИЙ	67 Ho 164,93 ГОЛЬМИЙ	68 Er 167,26 ЕРБИЙ	69 Tm 168,934 ТУЛЬИЙ	70 Yb 173,04 ИТТЕРБИЙ	71 Lu 174,97 ЛЮТЕЦИЙ
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

А К Т И Н О И Д Ы

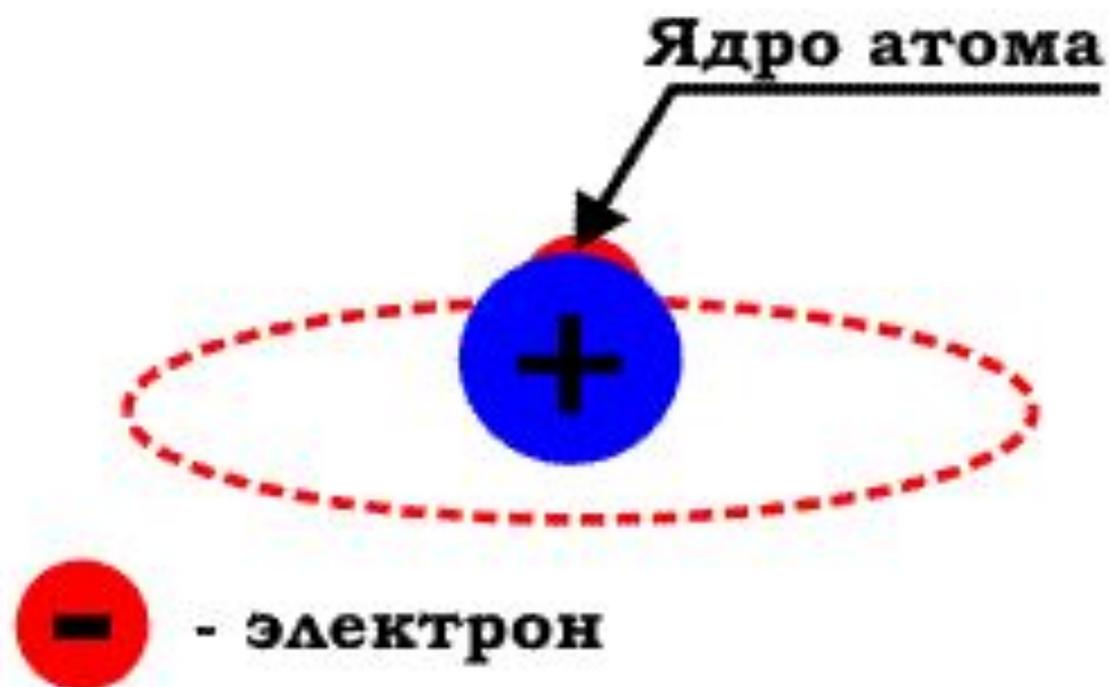
89 Ac [227] АКТИНИЙ	90 Th 232,038 ТОРИЙ	91 Pa [231] ПРОТАКТИНИЙ	92 U 238,029 УРАН	93 Np [237] НЕПТУНИЙ	94 Pu [244] ПЛУТОНИЙ	95 Am [243] АМЕРЦИЙ	96 Cm [247] КУРЧИЙ	97 Bk [247] БЕРКЛИЙ	98 Cf [251] КАЛИФОРНИЙ	99 Es [252] ЭЙЗЕНБЕРГЕРИЙ	100 Fm [257] ФЕРМИЙ	101 Md [258] МЕНДЕЛЕВИЙ	102 No [259] НОБЕЛИЙ	103 Lr [260] ЛОУРЕНСИЙ
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	--	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

■ Ядерная модель строения атомов

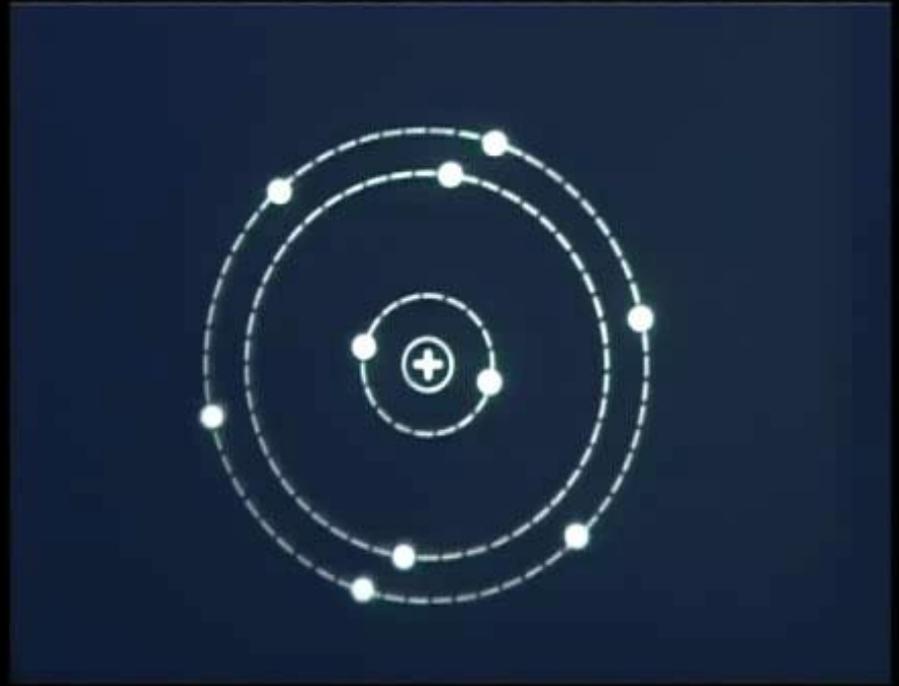
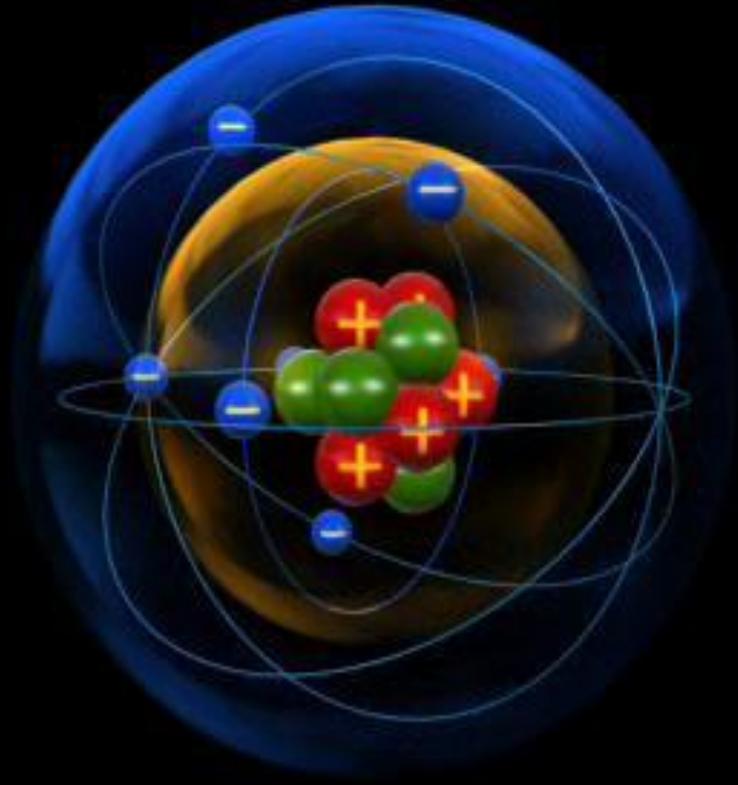
■ До конца XIX в. атомы считались неделимыми. Затем, по мере накопления опытных данных, пришлось отказаться от такого взгляда и признать, что атомы имеют сложное строение. Новый взгляд подтверждался периодическим законом Д. И. Менделеева. Еще в 1871 г. Д. И. Менделеев писал: «Легко предположить, что ныне пока нет еще возможности доказать... что атомы простых тел суть сложные вещества, образованные сложением некоторых еще меньших частей... Выставленная мною периодическая зависимость, по-видимому, подтверждает такое предчувствие».

- Резерфорд предложил в 1913 г. **ядерную модель** строения атома. Согласно этой модели атом состоит из массивного положительно заряженного ядра, очень малого по размерам. В ядре сосредоточена почти вся масса атома. Вокруг ядра на значительном расстоянии от него вращаются электроны, образующие электронную оболочку атома.

**Модель атома водорода
Бора - Резерфорда.
(1913 г.)**



Анимация Озолина Э.Э.



СТРОЕНИЕ АТОМА. ИЗОТОПЫ



Массовое число A — 16

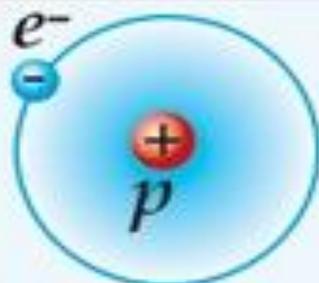
Порядковый номер (число протонов) Z — 8

$^{16}_8\text{O}$

$A = Z + N$

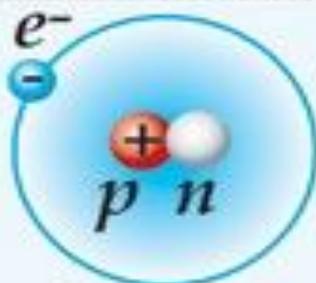
N — число нейтронов

ИЗОТОПЫ ВОДОРОДА



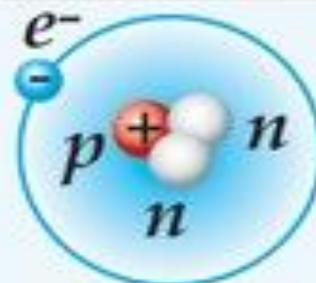
^1_1H

Протий



$^2_1\text{H}(\text{D})$

Дейтерий

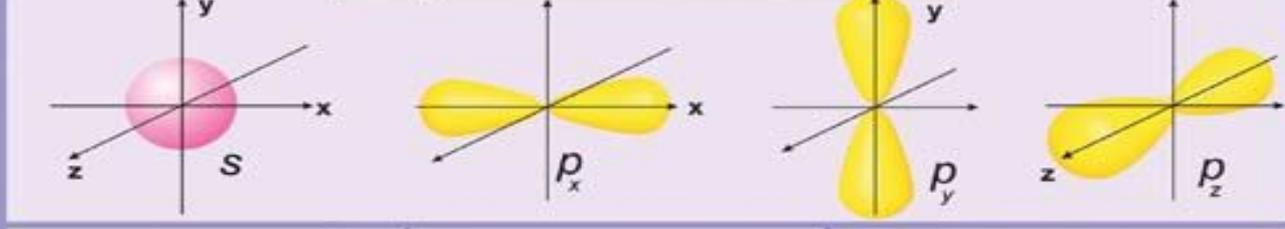


$^3_1\text{H}(\text{T})$

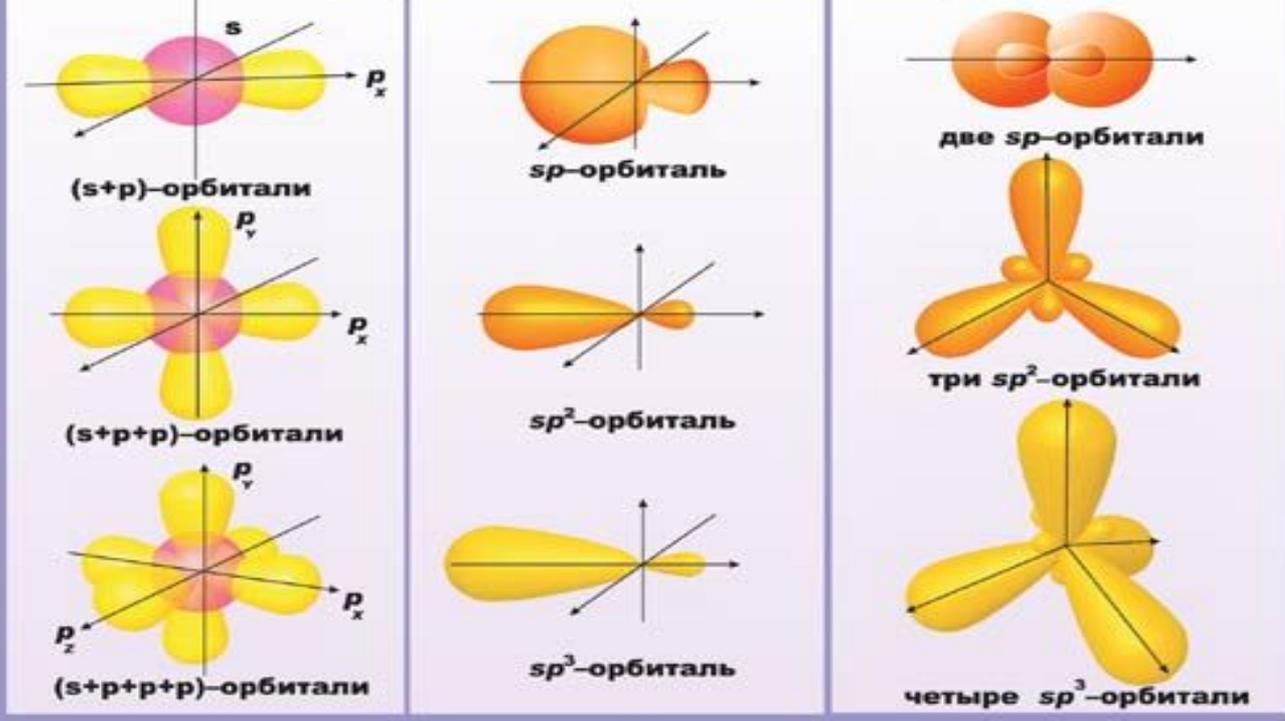
Тритий



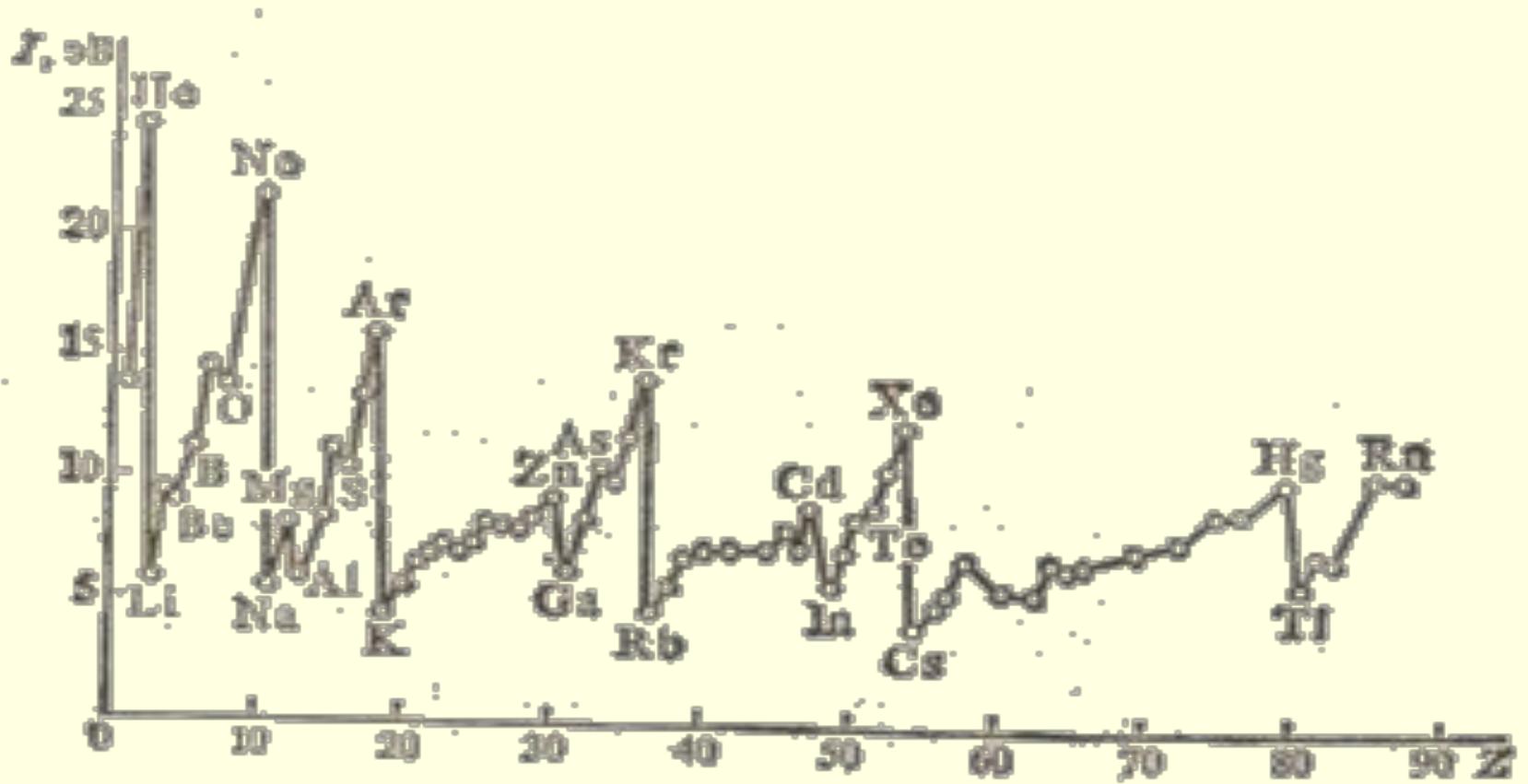
ВИДЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ОРБИТАЛЕЙ



ВИДЫ ГИБРИДИЗАЦИИ



- **Энергия ионизации** — это энергия, необходимая для отрыва наиболее слабо связанного электрона от атома. Она обычно выражается в электрон-вольтах. При отрыве электрона от атома образуется соответствующий катион.



- Определение электроотрицательности дал американский ученый Л. Полинг в 1932 г. Он же предложил и первую шкалу электроотрицательности.
- Согласно Полингу, *электроотрицательность есть способность атома в соединении притягивать к себе электроны.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
I	H 2,1										He —
II	Li 0,97	Be 1,47	B 2,01	C 2,50	N 3,07	O 3,44	F 4,10				Ne —
III	Na 1,01	Mg 1,23	Al 1,47	Si 1,74	P 2,1	S 2,6	Cl 2,83				Ar —
IV	K 0,91	Ca 1,04	Sc 1,20	Ti 1,32	V 1,45	Cr 1,56	Mn 1,60	Fe 1,64	Co 1,70	Ni 1,75	
	Cu 1,75	Zn 1,66	Ga 1,82	Ge 2,02	As 2,20	Se 2,48	Br 2,74				Kr —
V	Rb 0,89	Sr 0,99	Y 1,11	Zr 1,22	Nb 1,23	Mo 1,30	Tc 1,36	Ru 1,42	Rh 1,45	Pd 1,35	
	Ag 1,42	Cd 1,75	In 1,49	Sn 1,72	Sb 1,82	Te 2,01	I 2,21				Xe —
VI	Cs 0,86	Ba 0,97	La* 1,08	Hf 1,23	Ta 1,33	W 1,40	Re 1,46	Os 1,52	Ir 1,55	Pt 1,44	
	Au 1,42	Hg 1,44	Tl 1,44	Pb 1,55	Bi 1,67	Po 1,76	At 1,90				Rn —
VII	Fr 0,86	Ra 0,97	Ac** 1,00	*Лантаноиды 1,08–1,14 **Актиноиды 1,11–1,2							

Основные понятия органической химии

- Углерод выделяется среди всех элементов тем, что его атомы могут связываться друг с другом в длинные цепи или циклы. Именно это свойство позволяет углероду образовывать *миллионы соединений*, изучению которых посвящена целая область — *органическая химия*.

Основные понятия органической химии

- *Современная теория строения молекул объясняет и огромное число органических соединений, и зависимость свойств этих соединений от их химического строения. Она же полностью подтверждает основные принципы **теории химического строения**, разработанные выдающимся русским ученым А. М. Бутлеровым.*

Основные понятия органической химии

- Основные положения этой теории (иногда ее называют структурной):
- **1) атомы в молекулах соединены между собой в определенном порядке химическими связями согласно их валентности;**
- **2) свойства вещества определяются не только качественным составом, но и его строением, взаимным влиянием атомов, как связанных между собой химическими связями, так и непосредственно не связанных;**
- **3) строение молекул может быть установлено на основе изучения их химических свойств.**

Основные понятия органической химии

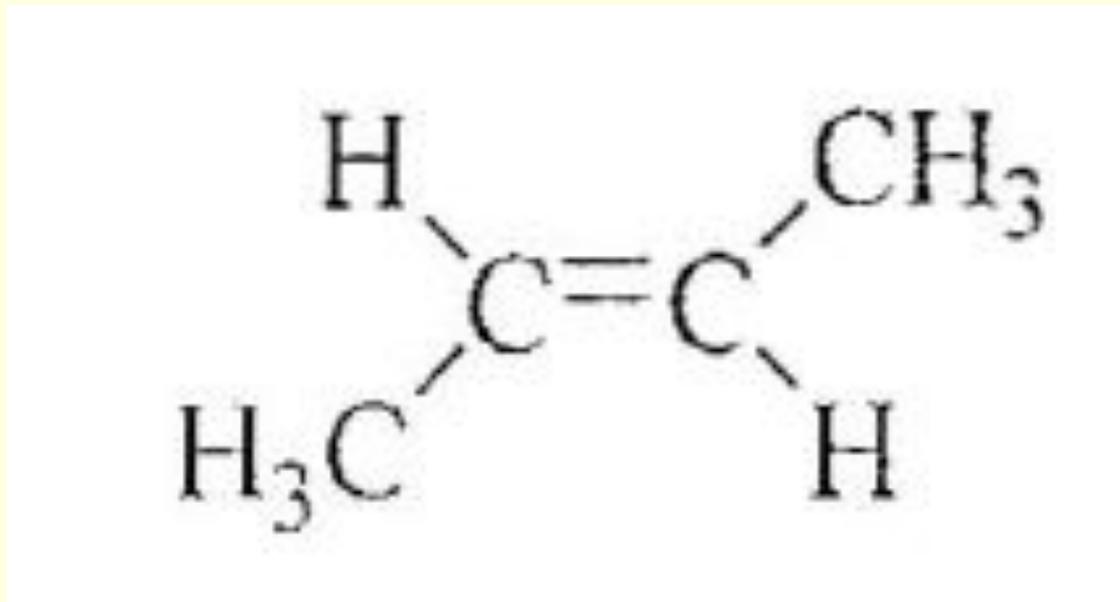
- **Важным следствием теории строения был вывод о том, что каждое органическое соединение должно иметь одну химическую формулу, отражающую ее строение. Такой вывод теоретически обосновывал хорошо известное уже тогда явление *изомерии*,— существование веществ с одинаковым молекулярным составом, но обладающих различными свойствами.**

Основные понятия органической химии

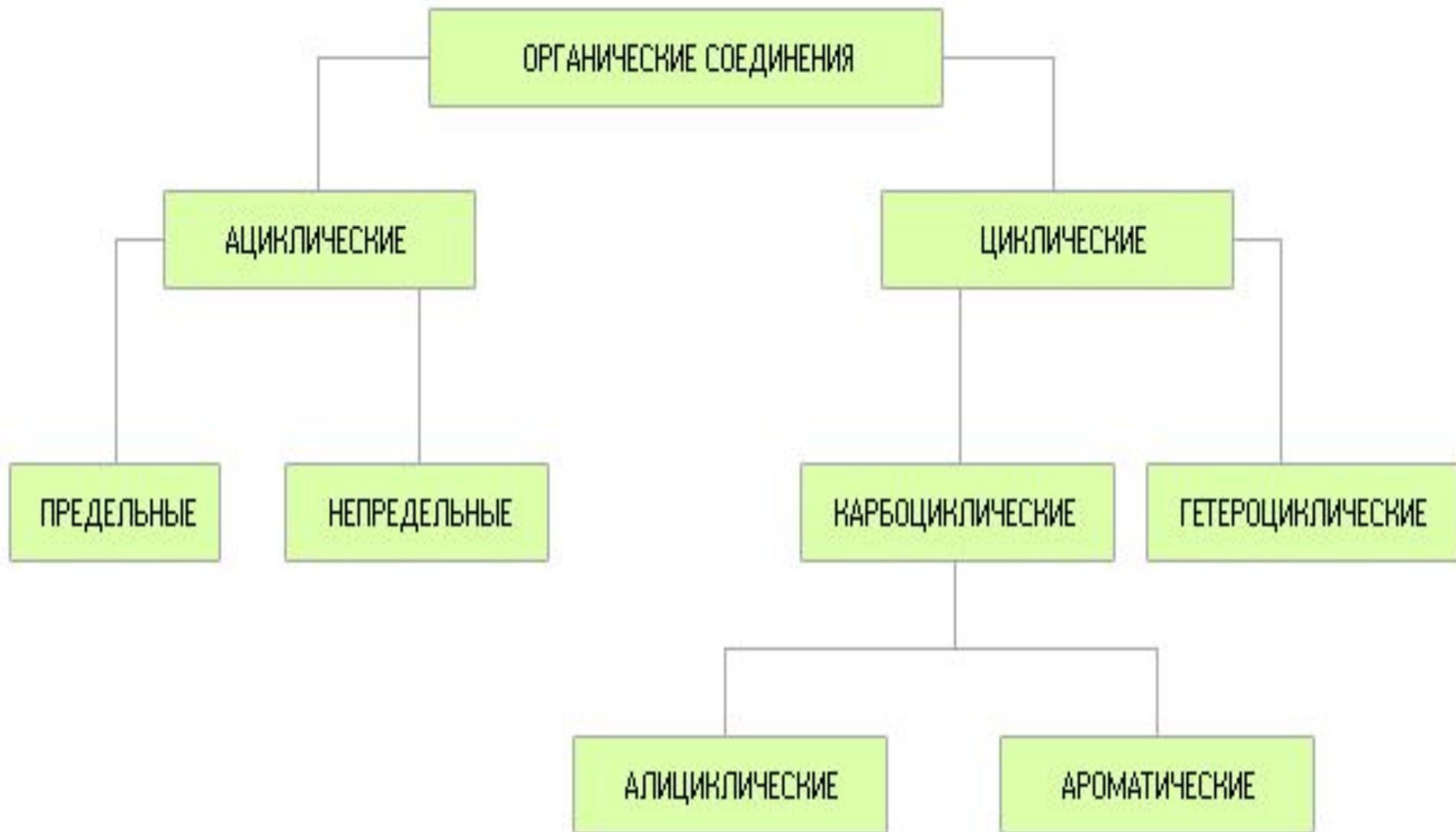
- **Существование изомеров потребовало использования не только простых молекулярных формул, но и *структурных формул*, отражающих порядок связи атомов в молекуле каждого изомера. В структурных формулах ковалентная связь обозначается черточкой. Как и в структурных формулах неорганических веществ, каждая черточка означает общую электронную пару, связывающую атомы в молекуле.**

Основные понятия органической химии

- **Структурная формула — изображение химических связей между атомами в молекуле с учетом их валентности.**



Основные понятия органической химии



Основные понятия органической химии

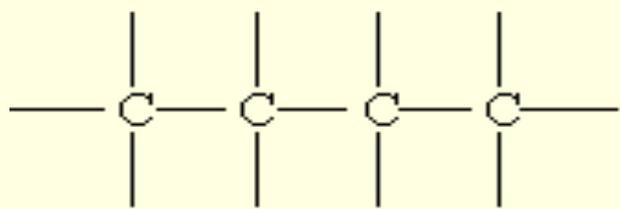
- **Классификация органических соединений.** Для классификации органических соединений по типам и построения их названий в молекуле органического соединения принято выделять углеродный скелет и функциональные группы.

Основные понятия органической химии

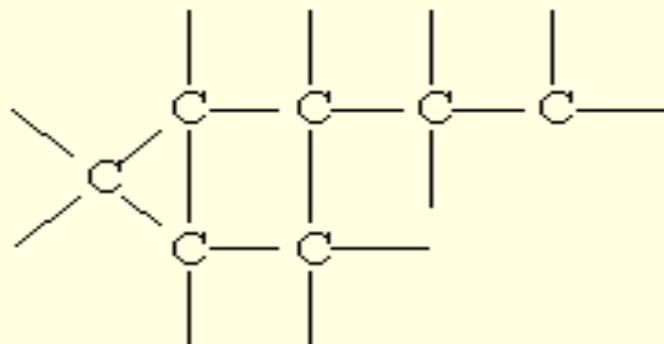
- **Углеродный скелет** представляет собой последовательность химически связанных между собой атомов углерода. **Функциональные группы** образуют все атомы, кроме водорода, или группы атомов, связанные с атомом углерода.

Основные понятия органической химии

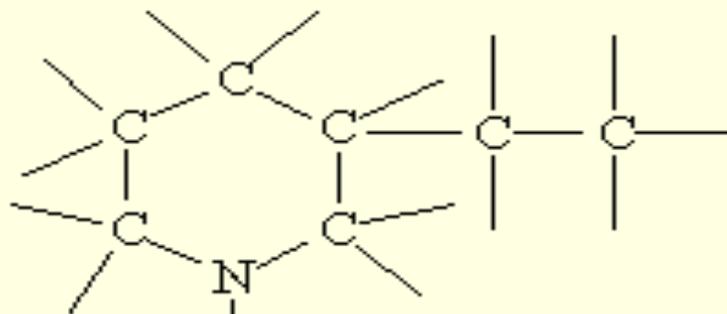
- **Углеродные скелеты разделяют на ациклические (не содержащие циклов), циклические и гетероциклические.**



ациклический



циклический



гетероциклический

Основные понятия органической химии

- **В самих углеродных скелетах нужно классифицировать отдельные атомы углерода по числу химически связанных с ними атомов углерода. Если данный атом углерода связан с одним атомом углерода, то его называют первичным, с двумя — вторичным, тремя — третичным и четырьмя — четвертичным.**

Основные понятия органической химии

- Поскольку атомы углерода могут образовывать между собой не только одинарные, но и кратные (двойные и тройные) связи, то соединения, содержащие только одинарные связи углерод—углерод, называют **насыщенными**, соединения с кратными углерод - углеродными связями называют **ненасыщенными**.
Соединения, в которых атомы углерода связаны только с атомами водорода, называют **углеводородами**.

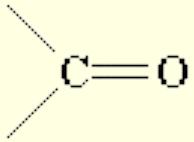
Основные понятия органической химии

- ***Углеводороды признаны в органической химии родоначальными. Разнообразные соединения рассматриваются как производные углеводородов, полученные введением в них функциональных групп.***

Основные понятия органической химии

- **В большинстве органических соединений, кроме атомов углерода и водорода, содержатся атомы других элементов (не входящие в скелет). Эти атомы или их группировки, во многом определяющие химические и физические свойства органических соединений, называют функциональными группами.**
- **Функциональная группа оказывается окончательным признаком, по которому соединения относятся к тому или иному классу.**

Основные понятия органической химии

- - F , - Cl , - Br , - I (галоген)
Галогенопроизводные углеводородов
- - OH (гидроксил) спирты, фенолы
-  (карбонил) альдегиды, кетоны
- - $COOH$ (карбоксил) карбоновые кислоты
- - NH_2 (аминогруппа) амины
- - NO_2 (нитрогруппа) нитросоединения
- Соединения, которые содержат несколько функциональных групп, называют полифункциональными.

Основные понятия органической химии

- **Гомологический ряд.** Для описания органических соединений полезным является понятие гомологического ряда. Гомологический ряд образуют соединения, отличающиеся друг от друга на группу $\text{—CH}_2\text{—}$ и обладающие сходными химическими свойствами. Группы CH_2 называются гомологической разностью.

Основные понятия органической химии

- **Примером гомологического ряда может служить ряд предельных углеводородов (алканов). Простейший его представитель — метан CH_4 . Гомологами метана являются: этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10} , пентан C_5H_{12} , гексан C_6H_{14} , гептан C_7H_{16} и т. д. Формула любого последующего гомолога может быть получена прибавлением к формуле предыдущего углеводорода гомологической разности.**

Основные понятия органической химии

- **Состав молекул всех членов гомологического ряда может быть выражен одной общей формулой. Для рассмотренного гомологического ряда предельных углеводов такой формулой будет C_nH_{2n+2} , где n — число атомов углерода.**

Основные понятия органической химии

- **Номенклатура органических соединений.**

В настоящее время признана систематическая номенклатура ИЮПАК (IUPAC — Международный союз теоретической и прикладной химии).

Основные понятия органической химии

■ Среди вариантов систематических номенклатур, рекомендуемых ИЮПАК, наиболее распространенной является **заместительная номенклатура**. В соединении выделяется некая основа, в которой произведено замещение атомов водорода на иные атомы или группы. Для понимания общих принципов построения названий органических соединений по заместительной номенклатуре необходимо в первую очередь усвоить номенклатуру углеводов. Вместе с тем правила ИЮПАК позволяют употреблять названия органических соединений, построенные на основе устаревших тривиальной и рациональной номенклатур.

Основные понятия органической химии

- По правилам ИЮПАК название органического соединения строится из названия главной цепи, образующего корень слова, и названий функций, используемых в качестве приставок или суффиксов.

Основные понятия органической химии

- Для правильного построения названия необходимо провести выбор главной цепи и нумерацию атомов углерода в ней.
- В заместительной номенклатуре название соединения представляет собой составное слово, корень которого включает название родоначальной структуры. *Названия заместителей обозначаются префиксами (приставками) и суффиксами.*
- Заместитель — это любой атом или группа атомов, замещающих атом водорода в родоначальной структуре.
- Функциональная группа — это атом или группа атомов неуглеводородного характера, которые определяют принадлежность соединения к определенному классу.

Основные понятия органической химии

- **Характеристическая группа — это функциональная группа, связанная с родоначальной структурой.** Для построения названия в первую очередь определяют тип характеристической группы (если она присутствует). Когда характеристических групп в соединении несколько, то выделяют *старшую характеристическую группу*. Для характеристических групп условно установлен порядок старшинства. В таблице эти группы приведены в порядке убывания старшинства. Затем определяют родоначальную структуру, в которую обязательно должна входить старшая характеристическая группа.

Основные понятия органической химии

Умножающий фактор	Префиксы	
	простых групп	сложных групп
2	ди-	бис-
3	три-	трис-
4	тетра-	тетракис-
5	пента-	пентакис-
6	гекса-	гексакис-
7	гепта-	гептакис-
8	окта-	октакис-
9	нона-	нонакис-
10	дека-	декакис-

Основные понятия органической химии

№	Заместитель	
	название	формула
1	2	3
1.	Водород	-H
2.	Метил	CH ₃ -
3.	Этил	C ₂ H ₅ -
4.	<i>n</i> -Пропил*	<i>n</i> -C ₃ H ₇ -
5.	<i>n</i> -Бутил*	<i>n</i> -C ₄ H ₉ -
6.	<i>n</i> -Пентил*	<i>n</i> -C ₅ H ₁₁ -
7.	<i>n</i> -Гексил*	<i>n</i> -C ₆ H ₁₃ -
8.	Изобутил	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
9.	Аллил	CH ₂ =CH-CH ₂ -

Основные понятия органической химии

- *Нумерацию атомов углерода в главной цепи начинают с того конца цепи, ближе к которому расположена старшая группа. Если таких возможностей оказывается несколько, то нумерацию проводят таким образом, чтобы либо кратная связь, либо другой заместитель, имеющийся в молекуле, получили наименьший номер.*

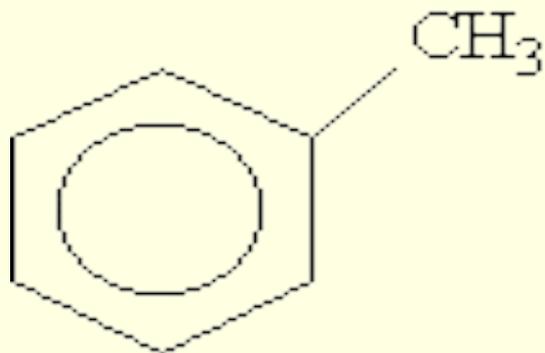
Основные понятия органической химии

- В карбоциклических соединениях нумерацию начинают от того атома углерода, при котором находится старшая характеристическая группа. Если при этом невозможно выбрать однозначную нумерацию, то *цикл нумеруют так, чтобы заместители имели наименьшие номера.*

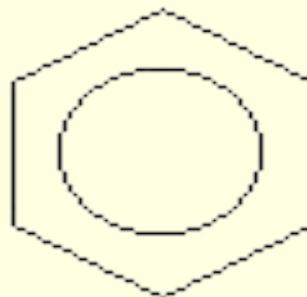
Основные понятия органической химии

■ В группе циклических углеводородов особо выделяются ароматические углеводороды, для которых характерно наличие в молекуле бензольного кольца. Некоторые широко известные представители ароматических углеводородов и их производных имеют тривиальные названия, использование которых разрешено правилами ИЮПАК: бензол, толуол, фенол, бензойная кислота.

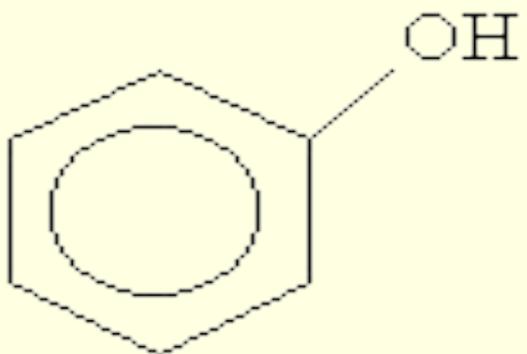
Основные понятия органической химии



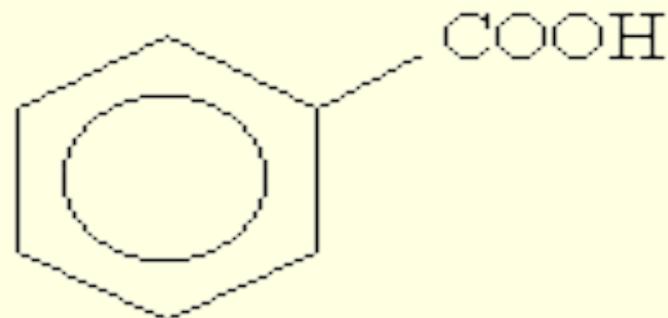
толуол



бензол



ф е н о л



б е н з о й н а я к и с л о т а

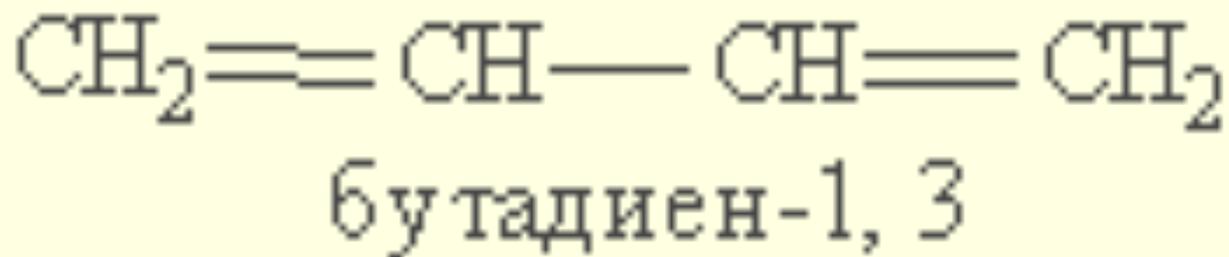
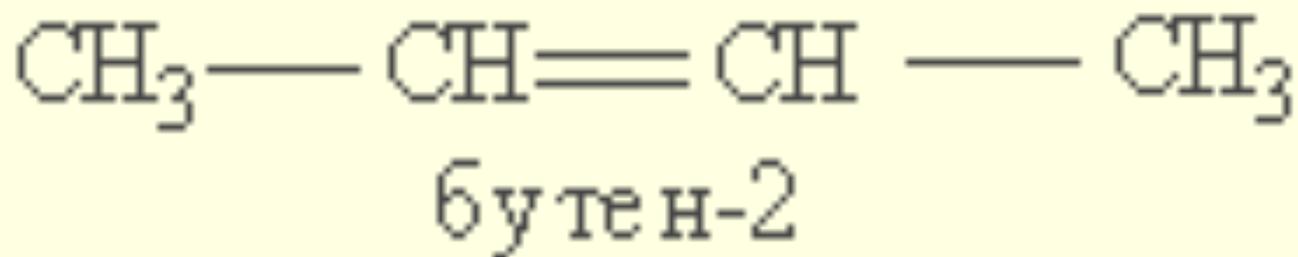
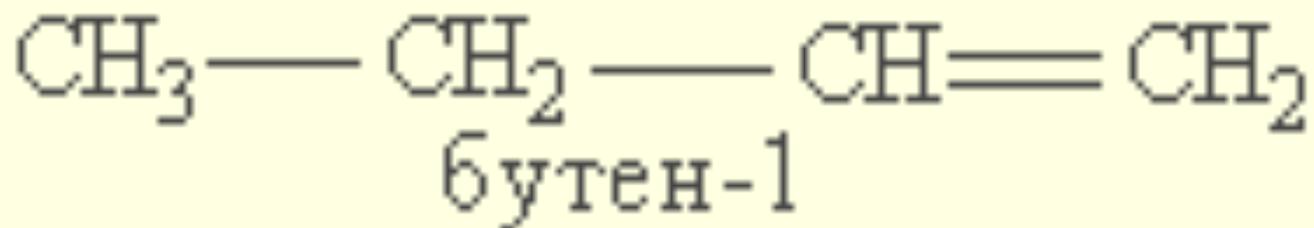
Основные понятия органической химии

- Радикал C_6H_5- , образованный из бензола, называется ***фенил***, а не бензил.
- ***Бензилом*** называют радикал $C_6H_5CH_2-$, образованный из толуола.

Основные понятия органической химии

Основу названия соединения составляет корень слова, обозначающий предельный углеводород с тем же числом атомов, что и главная цепь (*мет-, эт-, проп-, бут-, пент-, гекс-* и т. д.). Затем следует суффикс, характеризующий степень насыщенности, **-ан**, если в молекуле нет кратных связей, **-ен** при наличии двойных связей и **-ин** для тройных связей, (например пентан, пентен, пентин). Если кратных связей в молекуле несколько, то в суффиксе указывается число таких связей: **-диен, -триен**, а после суффикса обязательно арабскими цифрами указывается положение кратной связи (например, бутен-1, бутен-2, бутадиен-1,3):

Основные понятия органической химии



Основные понятия органической химии

Далее в суффикс выносятся название самой старшей характеристической группы в молекуле с указанием ее положения цифрой. Прочие заместители обозначаются с помощью приставок. При этом они перечисляются не в порядке старшинства, а по алфавиту. Положение заместителя указывается цифрой перед приставкой, например: 3-метил; 2-хлор и т. п. Если в молекуле имеется несколько одинаковых заместителей, то перед названием соответствующей группы словом указывается их количество (например, диметил-, трихлор- и т. д.). Все цифры в названиях молекул отделяются от слов дефисом, а друг от друга запятыми.

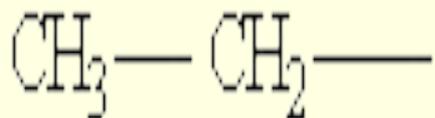
Углеводородные радикалы имеют свои названия.

Основные понятия органической химии

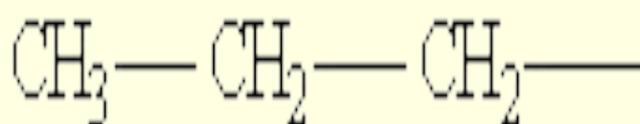
Предельные углеводородные радикалы:



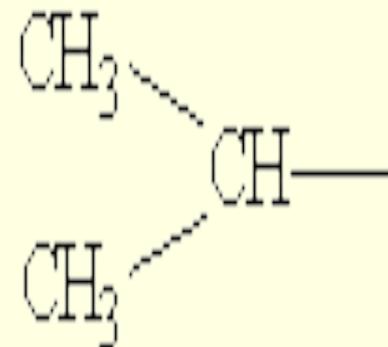
метил



этил

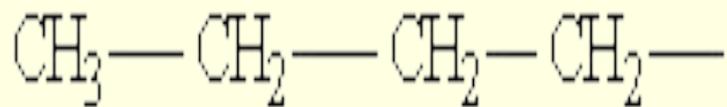


пропил

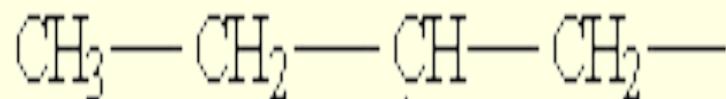


изопропил

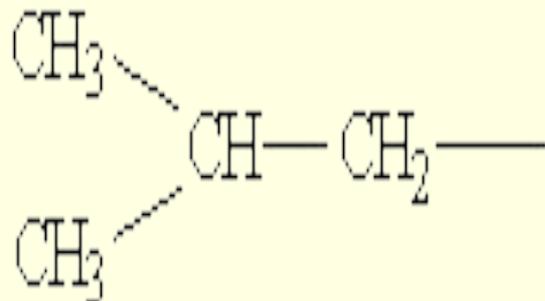
Основные понятия органической химии



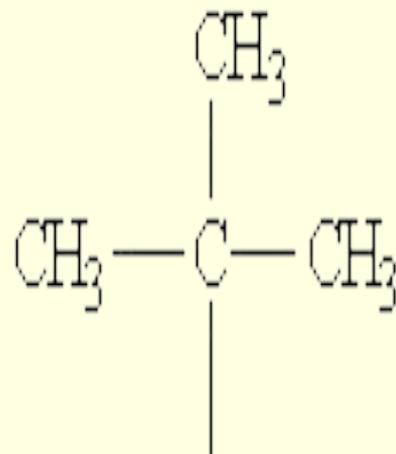
бутил



втор-бутил



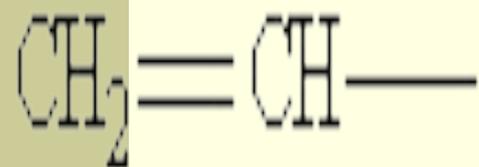
изобутил



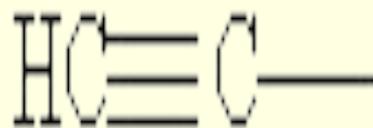
трет-бутил

Основные понятия органической химии

- Непредельные углеводородные радикалы:



ВИНИЛ



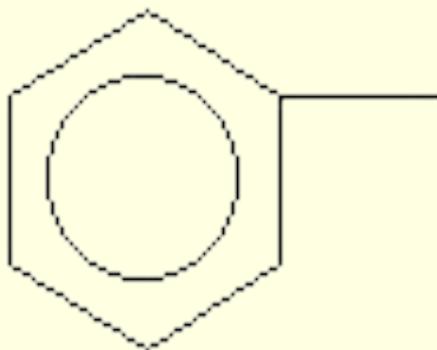
ЭТИНИЛ



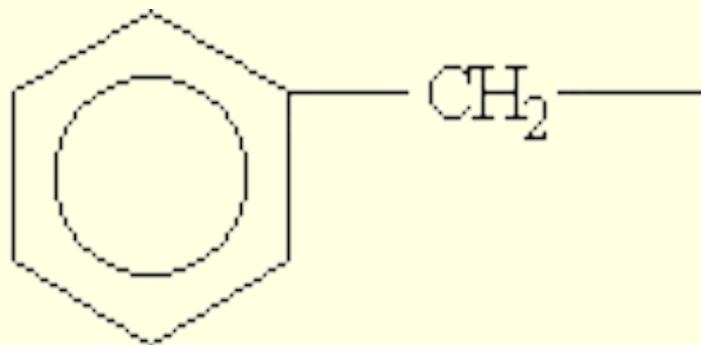
АЛЛИЛ

Основные понятия органической химии

- **Ароматические углеводородные радикалы:**



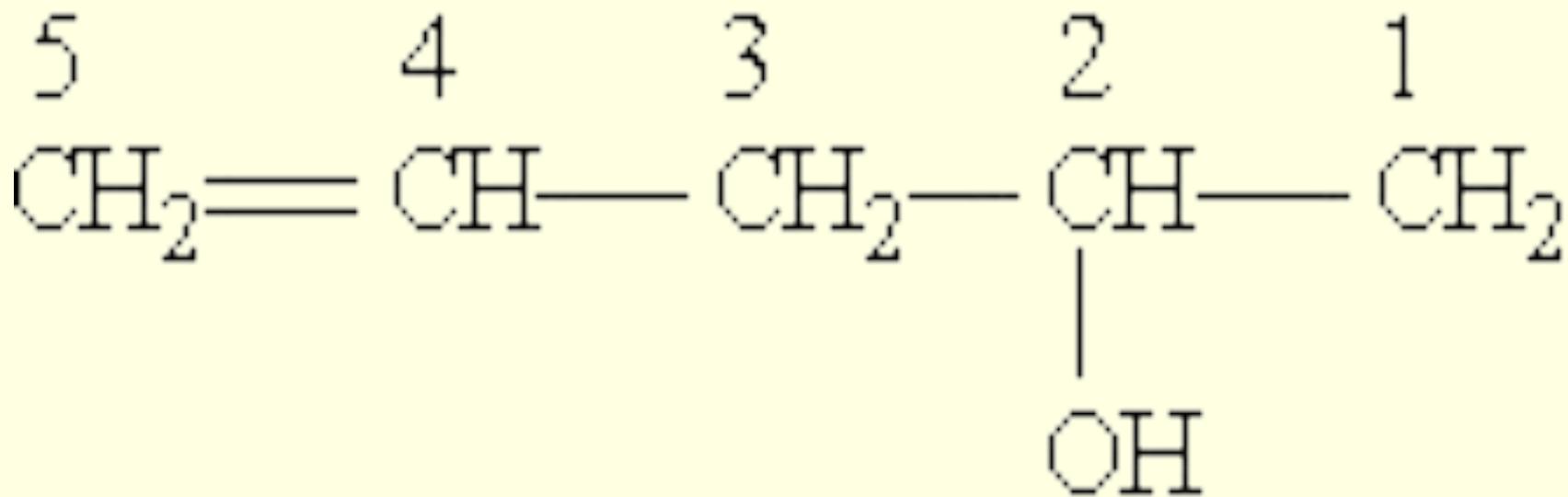
фенил



бензил

Основные понятия органической химии

- В качестве примера назовем следующее соединение:



Основные понятия органической химии

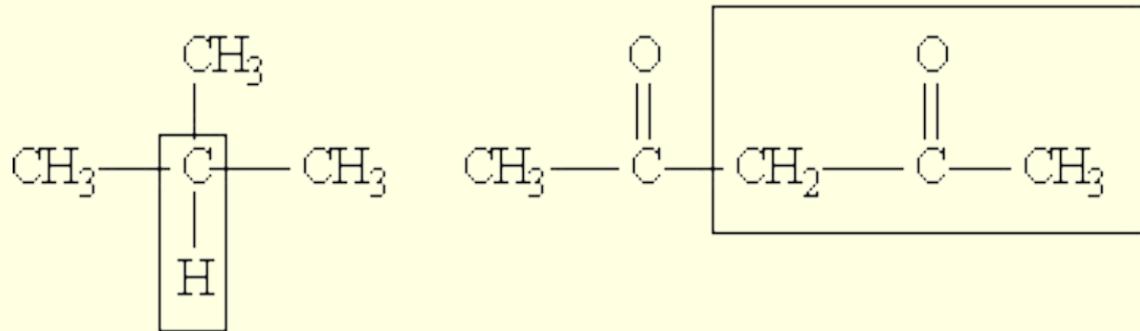
- 1) Выбор цепи однозначен, следовательно, корень слова — *пент*; далее следует суффикс *-ен*, указывающий на наличие кратной связи;
- 2) порядок нумерации обеспечивает старшей группе (—OH) наименьший номер;
- 3) полное название соединения заканчивается суффиксом, обозначающим старшую группу (в данном случае суффикс *-ол* указывает на наличие *гидроксильной группы*); положение двойной связи и гидроксильной группы указывается цифрами.
- **Следовательно, приведенное соединение называется *пентен-4-ол-2*.**

Основные понятия органической химии

- ***Тривиальная номенклатура*** представляет собой совокупность несистематических исторически сложившихся названий органических соединений (пример: ацетон, уксусная кислота, формальдегид и т. д.).

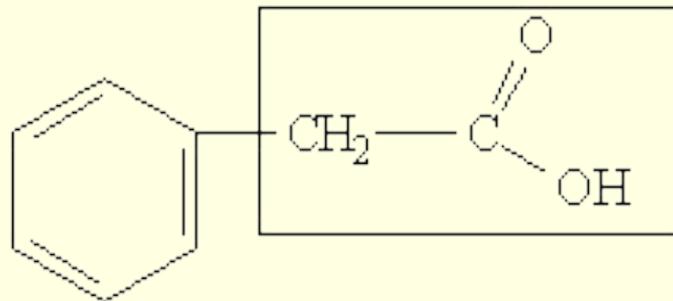
Основные понятия органической химии

- **Рациональная номенклатура** позволяет строить название вещества на основании его структуры с более простым соединением, выбранным в качестве прототипа. Способ такого построения иллюстрируют следующие примеры:



триметилметан
прототипы: (метан)

ацетилацетон
(ацетон)



фенилуксусная кислота
(уксусная кислота)

Основные понятия органической химии

■ Изомерия.

Выше было показано, что способность атомов углерода к образованию четырех ковалентных связей, в том числе и с другими атомами углерода, открывает возможность существования нескольких соединений одного элементного состава — изомеров. *Все изомеры делят на два больших класса — структурные изомеры и пространственные изомеры.*

Основные понятия органической химии

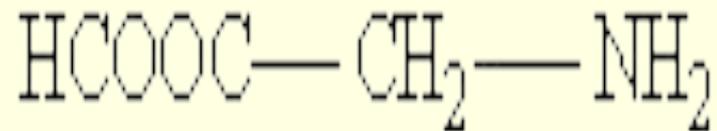
- **Структурными называют изомеры, отвечающие различным структурным формулам органических соединений (с разным порядком соединения атомов).**
- **Пространственные изомеры имеют одинаковые заместители у каждого атома углерода и отличаются лишь их взаимным расположением в пространстве.**

Основные понятия органической химии

- **Структурные изомеры.** В соответствии с приведенной выше классификацией органических соединений по типам среди структурных изомеров выделяют три группы:
- **1) соединения, содержащие различные функциональные группы и относящиеся к различным классам органических соединений:**



нитроэтан

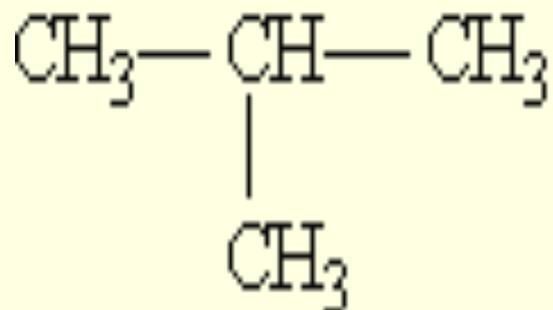


аминоуксусная кислота

(глицин)

Основные понятия органической химии

- *2) соединения, отличающиеся углеродными скелетами:*



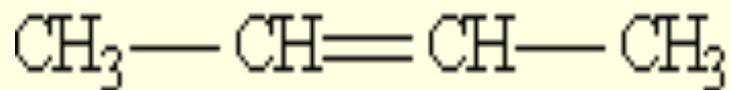
2-метилпропан
(изобутан)



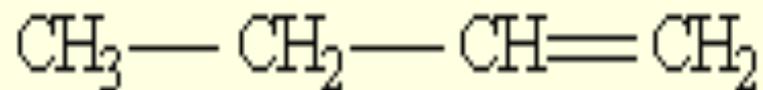
бутан

Основные понятия органической химии

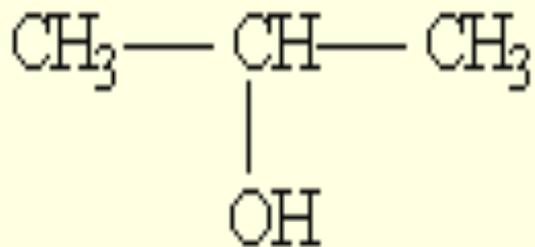
- *3) соединения, отличающиеся положением заместителя или кратной связи в молекуле:*



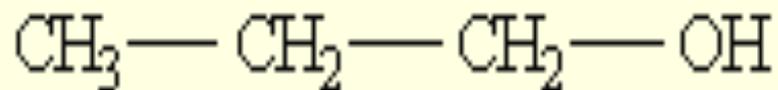
бутен-2



бутен-1



пропанол-2



пропанол-1

Основные понятия органической химии

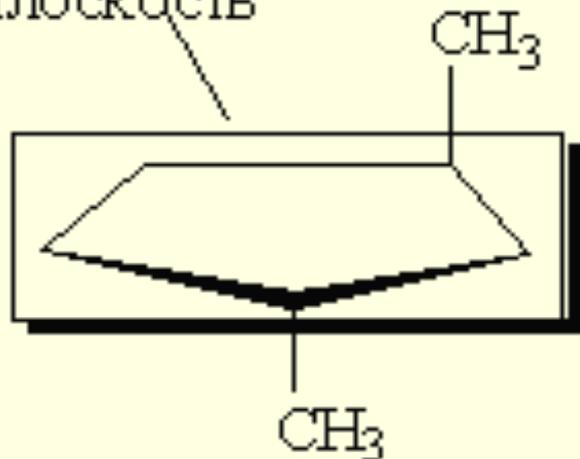
- *Пространственные изомеры (стереоизомеры).*
- *Стереоизомеры можно разделить на два типа: **геометрические изомеры** и **оптические изомеры**.*

Основные понятия органической химии

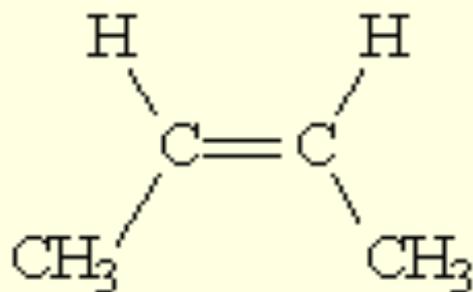
- **Геометрическая изомерия** характерна для соединений, содержащих двойную связь или цикл. В таких молекулах часто возможно провести условную плоскость таким образом, что заместители у различных атомов углерода могут оказаться по одну сторону (**цис-**) или по разные стороны (**транс-**) от этой плоскости. Если изменение ориентации этих заместителей относительно плоскости возможно только за счет разрыва одной из химических связей, то говорят о наличии геометрических изомеров. Геометрические изомеры отличаются своими физическими и химическими свойствами.

Основные понятия органической химии

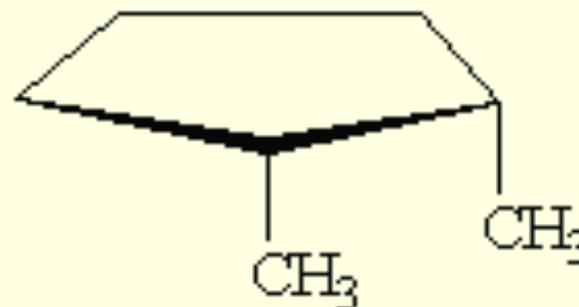
условная
плоскость



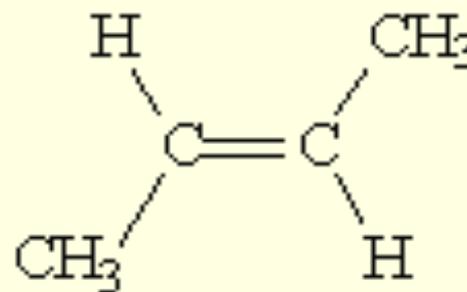
транс-1,2-диметил-
циклопентан



цис-бутен-2



цис-1,2-диметил
циклопентан

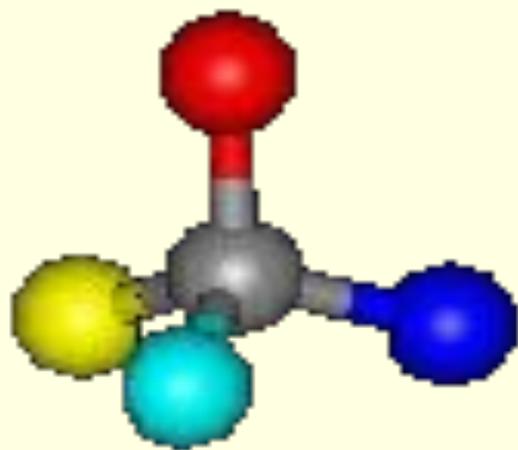


транс-бутен-2

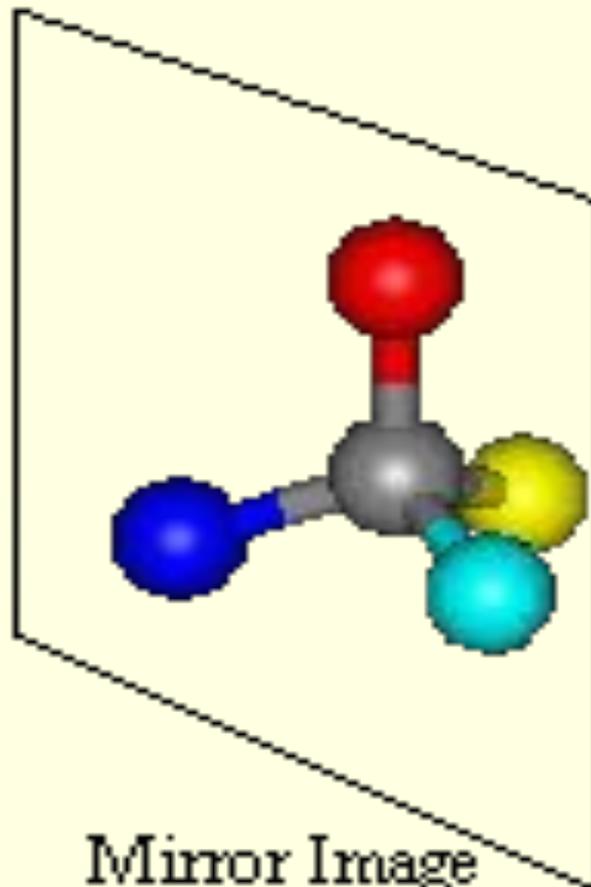
Основные понятия органической химии

- **Оптическими изомерами называют молекулы, зеркальные изображения которых несовместимы друг с другом.**
- **Таким свойством обладают молекулы, имеющие *асимметрический центр* — атом углерода, связанный с четырьмя различными заместителями. Например, в виде двух оптических изомеров существует молекула **молочной кислоты** $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{—COOH}$, содержащая один *асимметрический центр*.**

Основные понятия органической химии

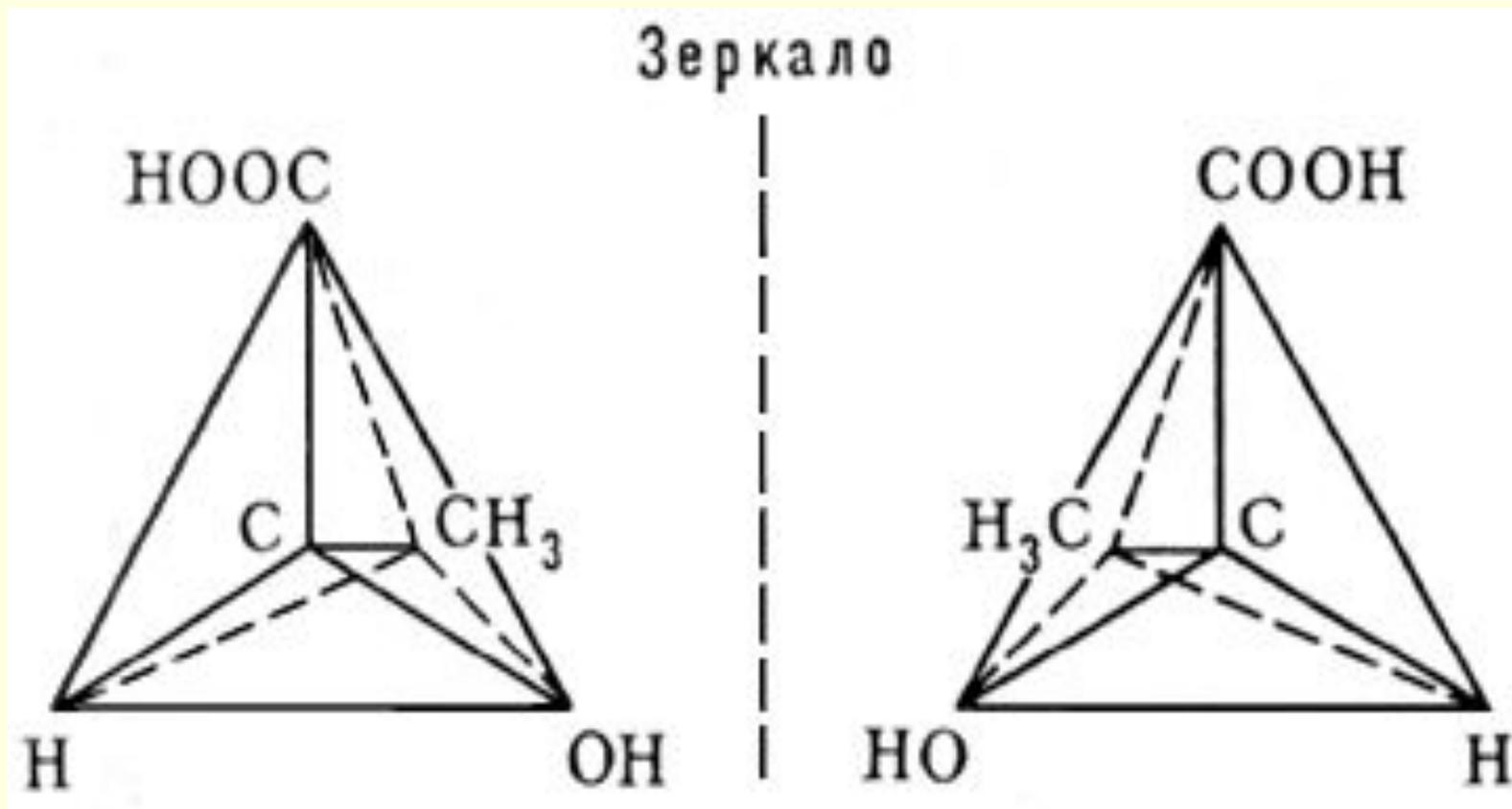


Molecule



Mirror Image

Основные понятия органической химии



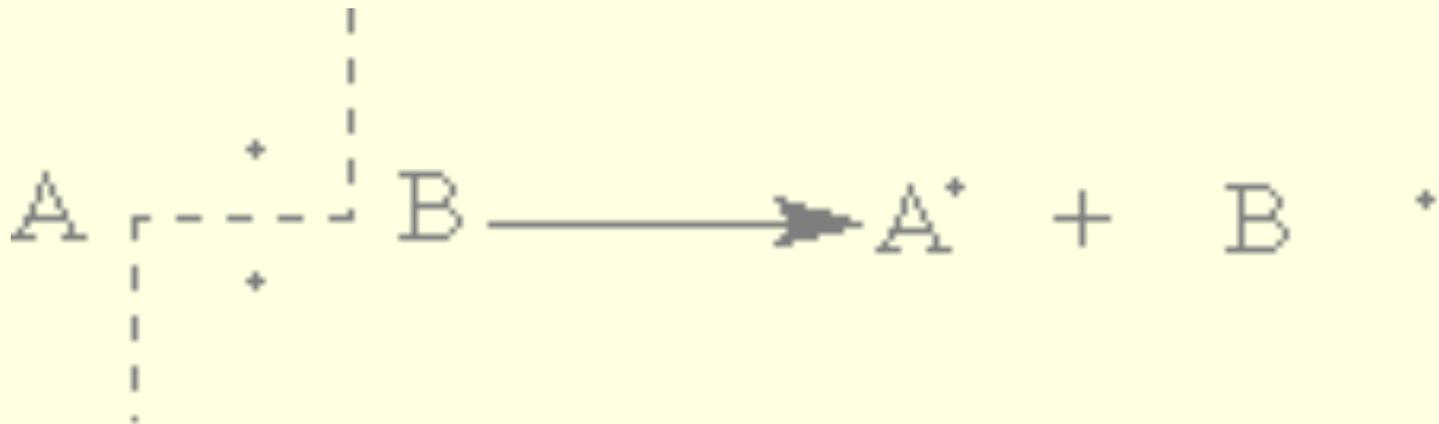
Основные понятия органической химии

- **Классификация органических реакций.**
В ходе реакции в молекулах реагирующих веществ разрываются одни химические связи и образуются другие. Органические реакции классифицируются по типу разрыва химических связей в реагирующих частицах. Из их числа можно выделить две большие группы реакций — ***радикальные и ионные.***

Основные понятия органической химии

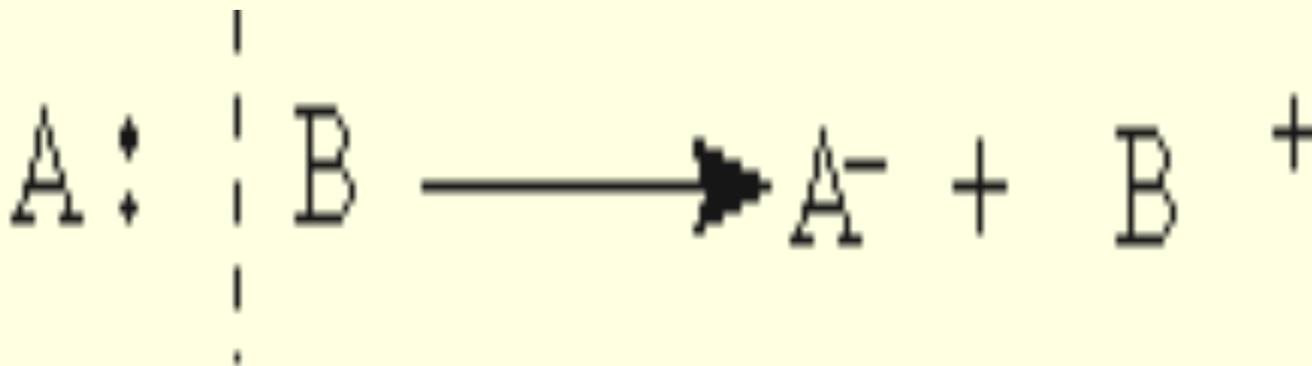
Радикальные реакции — это процессы, идущие с гомолитическим разрывом ковалентной связи. При гомолитическом разрыве пара электронов, образующая связь, делится таким образом, что каждая из образующихся частиц получает по одному электрону. В результате гомолитического разрыва образуются свободные радикалы:

Нейтральный атом или частица с неспаренным электроном называется свободным радикалом.



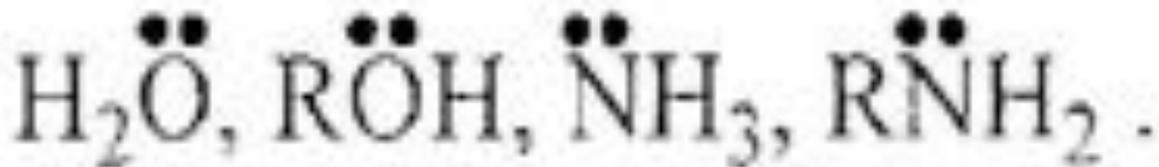
Основные понятия органической химии

- **Ионные реакции — это процессы, идущие с гетеролитическим разрывом ковалентных связей, когда оба электрона связи остаются с одной из ранее связанных частиц:**
- В результате гетеролитического разрыва связи получаются заряженные частицы: *нуклеофильная и электрофильная.*



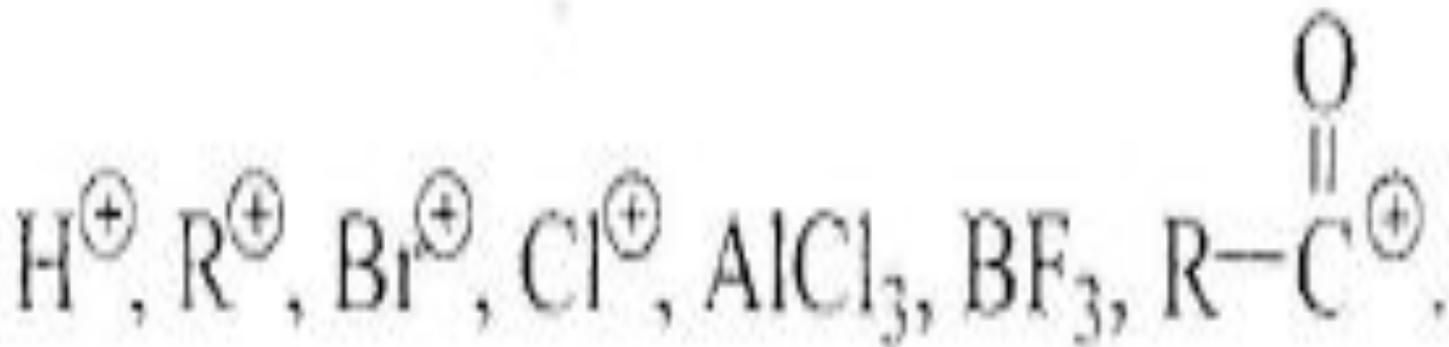
Основные понятия органической химии

- **Нуклеофильная частица (нуклеофил)** — это частица, имеющая пару электронов на внешнем электронном уровне. За счет пары электронов нуклеофил способен образовывать новую ковалентную связь.
- **Типичные нуклеофильные реагенты:**



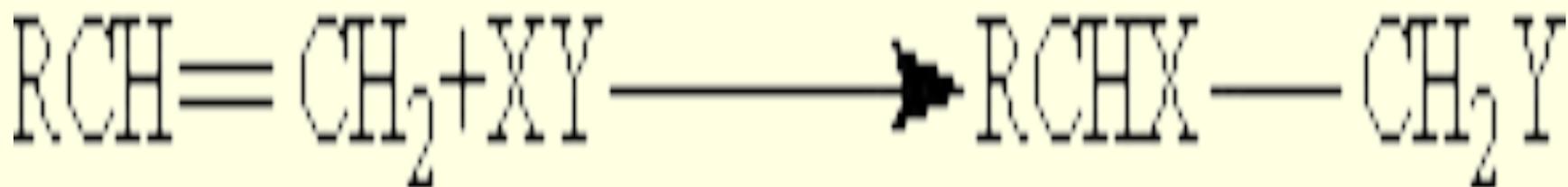
Основные понятия органической химии

- **Электрофильная частица (электрофил)**
— это частица, имеющая незаполненный внешний электронный уровень. Электрофил представляет незаполненные, вакантные орбитали для образования ковалентной связи за счет электронов той частицы, с которой он взаимодействует.
- **Типичные электрофильные реагенты:**



Основные понятия органической химии

- *В органической химии все структурные изменения рассматриваются относительно атома (или атомов) углерода, участвующего в реакции. Наиболее часто встречаются следующие типы превращений:*
- *присоединение*



Основные понятия органической химии

- *замещение*



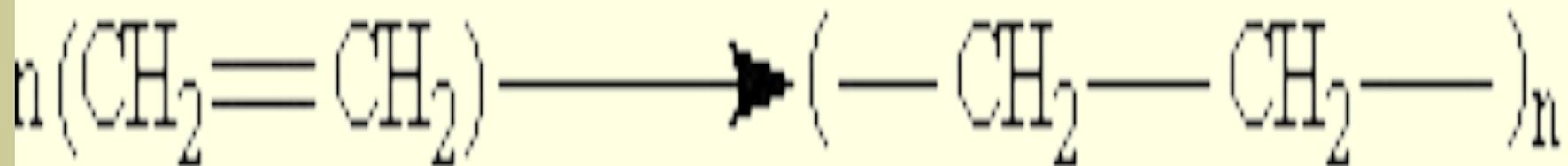
Основные понятия органической химии

- *отщепление (элиминирование)*



Основные понятия органической химии

■ полимеризация



АЛКАНЫ. ЦИКЛОАЛКАНЫ

- В соответствии со строением углеродного скелета углеводороды делят на **алифатические** (с открытой углеродной цепью) и **циклические** (с замкнутой углеродной цепью). В зависимости от типа связей между атомами углерода как алифатические, так и циклические углеводороды делятся на **насыщенные**, содержащие только σ -связи, и **ненасыщенные**, содержащие как σ так и π -связи.
- К насыщенным углеводородам принадлежат **алканы** и **циклоалканы**.

АЛКАНЫ

- **Алканы** являются насыщенными, или предельными, углеводородами, поскольку все свободные валентности атомов углерода заняты (полностью “насыщены”) атомами водорода. Алканы называют также насыщенными углеводородами, или парафинами (термин “парафины” означает “имеющие малое сродство”)

АЛКАНЫ

- *Простейшим представителем алканов служит метан CH_4 . Начиная с него, можно построить ряд, в котором каждый последующий углеводород отличается от предыдущего на одну группу CH_2 . Общая формула гомологического ряда алканов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.*

АЛКАНЫ

- По систематической номенклатуре ИЮПАК первым четырем членам гомологического ряда алканов присвоены их исторически сложившиеся названия — **метан, этан, пропан, бутан**. Названия остальных алканов с нормальной, т. е. неразветвленной углеродной цепью, состояются из греческого или латинского названий числительного, соответствующего числу атомов углерода в цепи, с добавлением суффикса **-ан**. Так, греческое название числительного 5 — “пента”, отсюда углеводород C_5H_{12} называется пентан. Для этого же соединения можно встретить название **н-пентан**, что подчеркивает наличие нормальной цепи.

АЛКАНЫ

- *Начиная с бутана и далее для каждого нормального алкана существуют структурные изомеры с разветвленной цепью.*

АЛКАНЫ

- *Структурная изомерия обуславливает и многообразие углеводородных радикалов.* Углеводородный радикал получается, если от молекулы алкана отнять один атом водорода. Этот термин не следует путать с понятием “свободный радикал”, характеризующим атом с неспаренным электроном.

АЛКАНЫ

- Название радикала производят от названия соответствующего алкана с заменой суффикса *-ан* на суффикс *-ил*. В общем виде радикалы, произведенные от алифатических углеводородов, называют **алкильными** и обозначают R.
- Изомерия радикалов начинается с пропана, для которого возможны два изомерных радикала. Если атом водорода отнять от первичного атома углерода, то получится радикал пропил (н-пропил), если от вторичного — получится радикал изопропил.

АЛКАНЫ

- **Физические свойства.** В обычных условиях первые четыре члена гомологического ряда алканов (C1—C4)— газы. Нормальные алканы от пентана до гептадекана (C5—C17) — жидкости, начиная с C18 и выше — твердые вещества. По мере увеличения числа атомов углерода в цепи, т. е. с ростом относительной молекулярной массы, возрастают температуры кипения и плавления алканов. При одинаковом числе атомов углерода в молекуле алканы с разветвленным строением имеют более низкие температуры кипения, чем нормальные алканы.
- Алканы практически нерастворимы в воде, так как их молекулы малополярны и не взаимодействуют с молекулами воды. Жидкие алканы легко смешиваются друг с другом. Они хорошо растворяются в неполярных органических растворителях, таких, как бензол, тетрахлорметан и др.

АЛКАНЫ

- **Получение.** Метан широко распространен в природе. Он является главной составной частью многих горючих газов как природных (90-98%), так и искусственных, выделяющихся при сухой перегонке дерева, торфа, каменного угля, а также при крекинге нефти. Природные газы, особенно попутные газы нефтяных месторождений, помимо метана содержат этан, пропан, бутан и пентан.
- Метан выделяется со дна болот и из каменноугольных пластов в рудниках, где он образуется при медленном разложении растительных остатков без доступа воздуха. Поэтому метан часто называют *болотным газом* или *рудничным газом*.

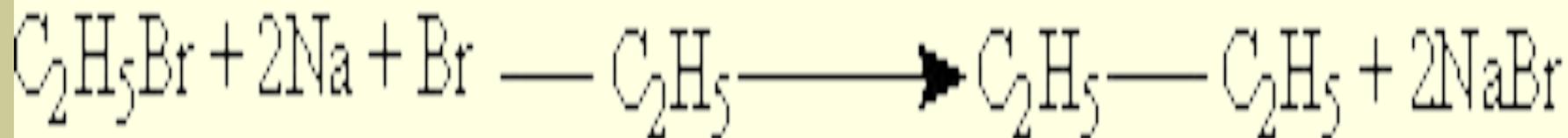
АЛКАНЫ

- **1. Получение из ненасыщенных углеводородов.**
- *Взаимодействие алкенов с водородом происходит в присутствии металлических катализаторов (Ni, Pd) при нагревании:*



АЛКАНЫ

- **2. Получение из галогенопроизводных.**
- При нагревании моногалогенозамещенных алканов с металлическим натрием получают алканы с удвоенным числом атомов углерода (**реакция Вюрца**):



АЛКАНЫ

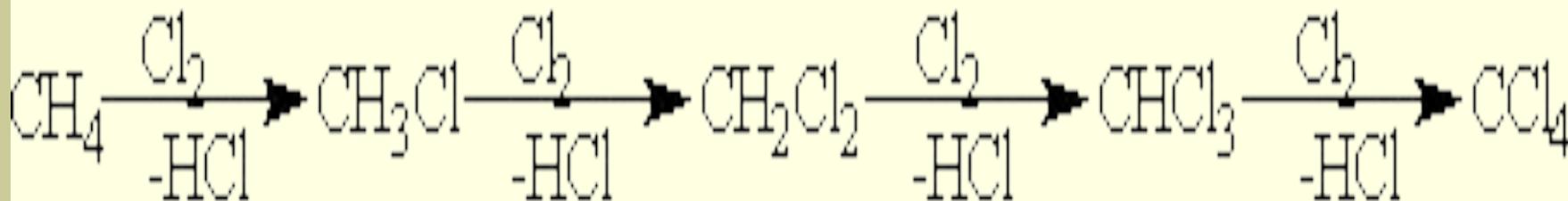
- **Химические свойства.** В обычных условиях алканы химически инертны. Они устойчивы к действию многих реагентов: не взаимодействуют с концентрированными серной и азотной кислотами, с концентрированными и расплавленными щелочами, не окисляются сильными окислителями — перманганатом калия KMnO_4 и т. п.

АЛКАНЫ

- *Химическая устойчивость алканов объясняется высокой прочностью σ -связей C—C и C—H, а также их неполярностью. неполярные связи C—C и C—H в алканах не склонны к ионному разрыву, но способны расщепляться гомолитически под действием активных свободных радикалов. Поэтому для алканов характерны, **радикальные реакции**, в результате которых получают соединения, где атомы водорода замещены на другие атомы или группы атомов. Алканы вступают в реакции, протекающие по механизму радикального замещения, обозначаемого символом S_R (от англ. substitution radicalic). По этому механизму легче всего замещаются атомы водорода у третичных, затем у вторичных и первичных атомов углерода.*

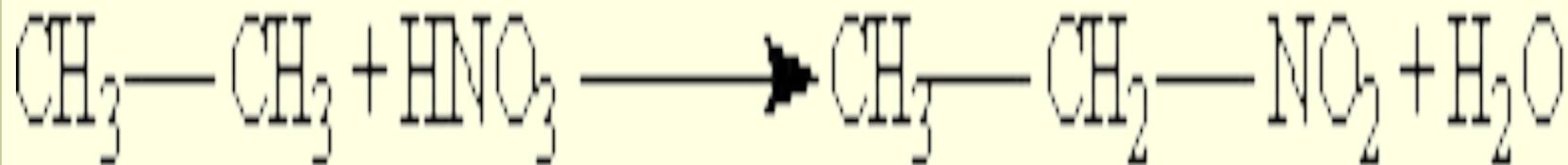
АЛКАНЫ

- **1. Галогенирование.**
- При взаимодействии алканов с галогенами (хлором и бромом) под действием УФ-излучения или высокой температуры образуется смесь продуктов от моно- до полигалогенозамещенных алканов. Общая схема этой реакции показана на примере метана:



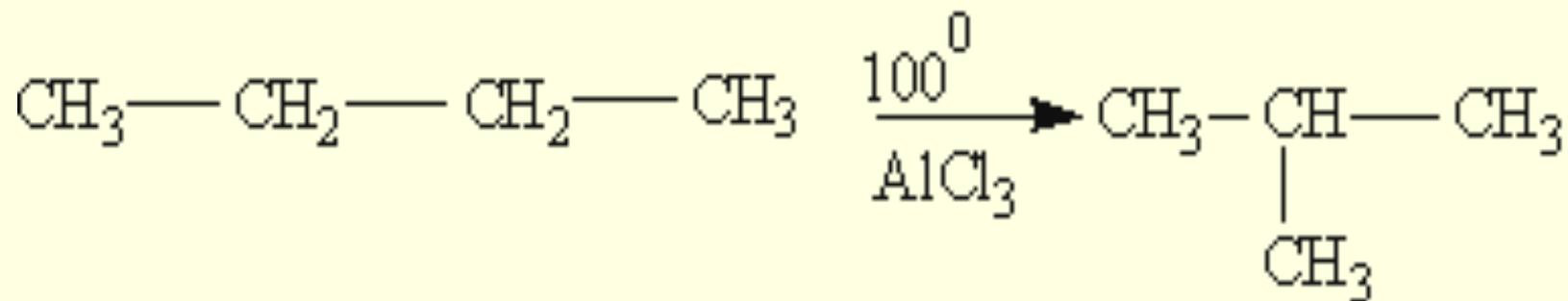
АЛКАНЫ

- **2. Нитрование (реакция Коновалова).**
- При действии разбавленной азотной кислоты на алканы при $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ и небольшом давлении протекает радикальная реакция:



АЛКАНЫ

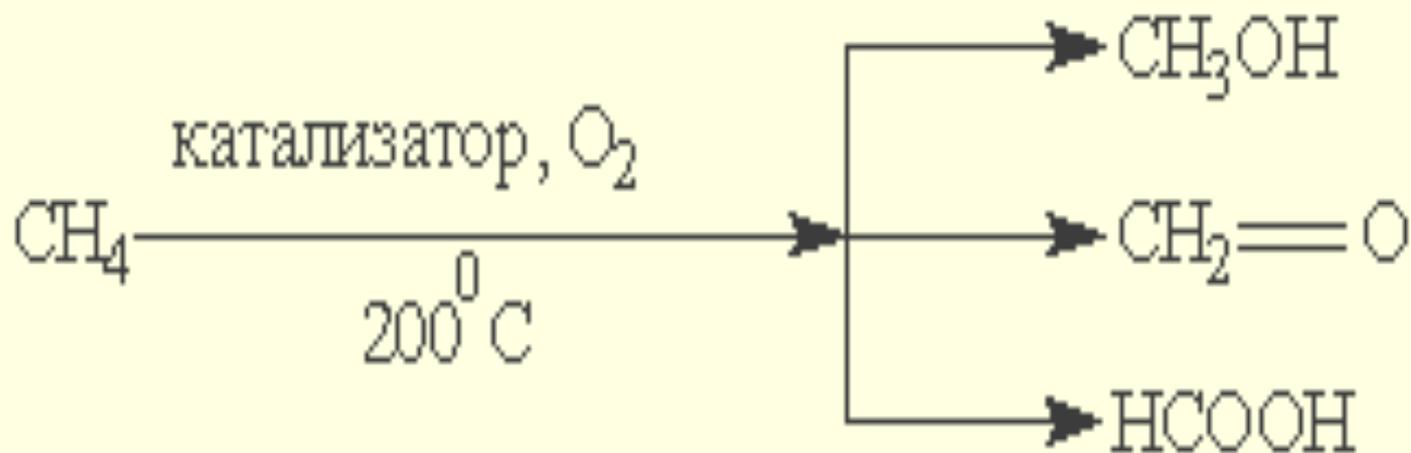
- **3. Изомеризация.**
- *Нормальные алканы при определенных условиях могут превращаться в алканы с разветвленной цепью:*



АЛКАНЫ

■ 4. Окисление.

- При мягком окислении метана кислородом воздуха в присутствии различных катализаторов могут быть получены метиловый спирт, формальдегид, муравьиная кислота:



На воздухе алканы сгорают до CO_2 и H_2O .

АЛКАНЫ

- **Применение алканов.** Оно весьма разнообразно. Благодаря большой теплотворной способности метан в больших количествах расходуется в качестве топлива (в быту — бытовой газ и в промышленности). Широко применяются получаемые из него вещества: водород, ацетилен, сажа. Он служит исходным сырьем для получения формальдегида, метилового спирта, а также различных синтетических продуктов.
- Большое промышленное значение имеет окисление высших предельных углеводородов — парафинов с числом углеродных атомов 20-25. Этим путем получают синтетические жирные кислоты с различной длиной цепи, которые используются для производства мыл, различных моющих средств, смазочных материалов, лаков и эмалей.
- Жидкие углеводороды используются как горючее (они входят в состав бензина и керосина). Алканы широко используются в органическом синтезе.

ЦИКЛОАЛКАНЫ

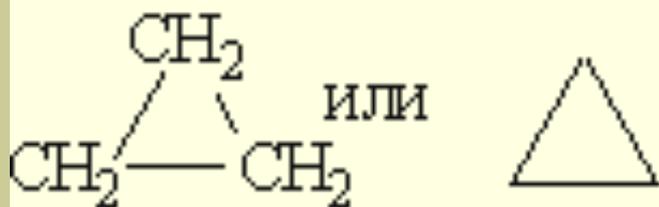
- **Циклоалканы.** Общая формула гомологического ряда циклоалканов C_nH_{2n} . Точно такой же формулой описывается гомологический ряд алкенов, из чего следует, что каждому циклоалкану изомерен соответствующий алкен — это пример так называемой **“межклассовой”** изомерии.

ЦИКЛОАЛКАНЫ

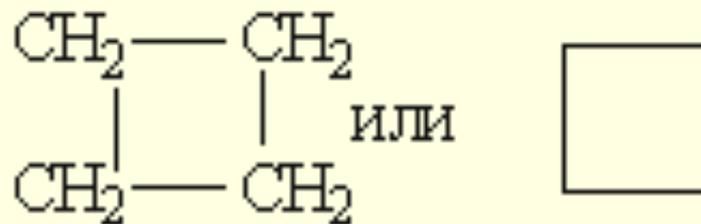
- По размеру цикла циклоалканы делятся на ряд групп, из которых мы рассмотрим малые (C3, C4) и обычные (C5—C7) циклы.
- Названия циклоалканов строятся путем добавления **приставки цикло-** к названию алкана с соответствующим числом атомов углерода. Нумерацию в цикле производят таким образом, чтобы заместители получили наименьшие номера.

ЦИКЛОАЛКАНЫ

- Структурные формулы циклоалканов обычно записывают в сокращенном виде, используя геометрическую форму цикла и опуская символы атомов углерода и водорода.



Циклопропан



Циклобутан

ЦИКЛОАЛКАНЫ

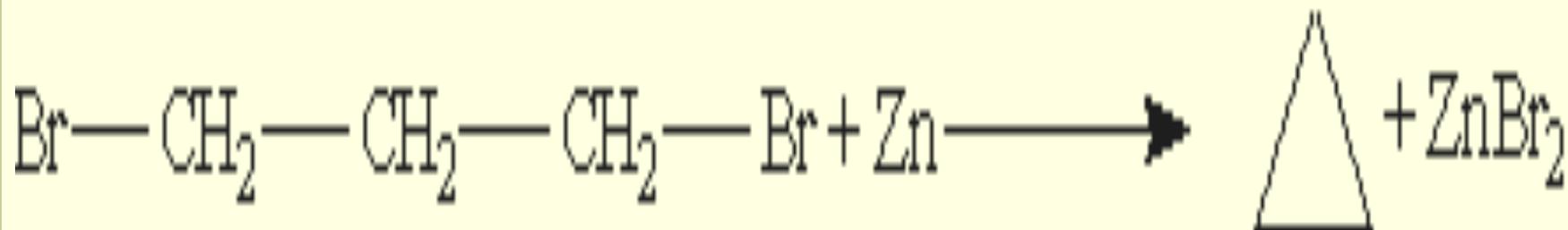
- **Структурная изомерия** циклоалканов обусловлена размером цикла (например, циклобутан и метилцикло-пропан — изомеры) и положением заместителей в цикле (например, 1,1- и 1,2-диметилбутан).
- Для циклоалканов характерен еще один вид изомерии — **пространственная изомерия**, связанная с различным расположением заместителей относительно плоскости цикла. При их расположении по одну сторону от плоскости цикла получается цис-изомер, по разные стороны — транс-изомер.

ЦИКЛОАЛКАНЫ

- **Физические свойства.** Первые два члена этого ряда — газы, C5—C16 — жидкости, начиная с C17 и выше — твердые вещества. Температуры кипения и плавления циклоалканов несколько выше, чем у алканов при одинаковом числе атомов углерода.

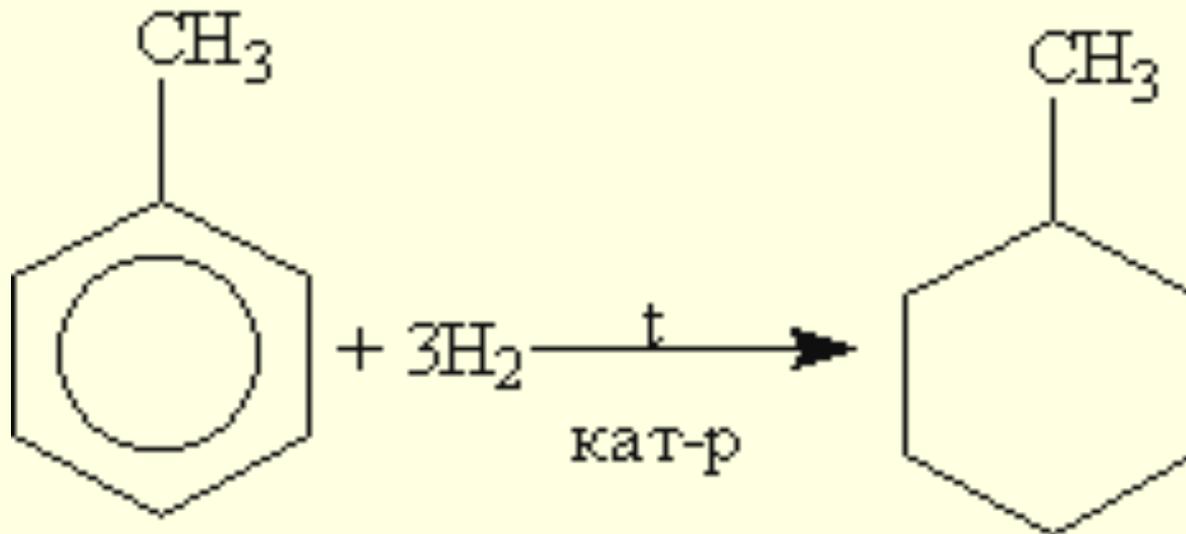
ЦИКЛОАЛКАНЫ

- **Получение.** *Общим способом получения циклоалканов является действие металлов на дигалогенопроизводные алканов:*



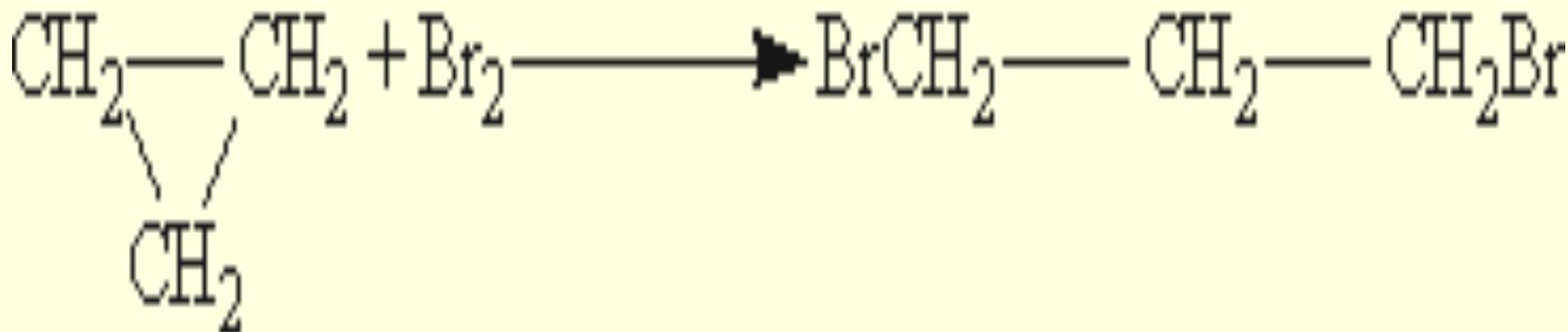
ЦИКЛОАЛКАНЫ

- Соединения ряда циклогексана получают гидрированием ароматических углеводородов, например:



ЦИКЛОАЛКАНЫ

- **Химические свойства.** В строении циклоалканов имеется ряд особенностей, определяющих их химические свойства. **Малые циклы** (особенно циклопропан) неустойчивы и способны к разрыву, поэтому они склонны к реакциям присоединения, напоминая ненасыщенные соединения. Так, циклопропан присоединяет бром с разрывом цикла, образуя 1,3-дибромпропан (реакция идет труднее, чем с пропиеном):



ЦИКЛОАЛКАНЫ

- Обычные циклы очень устойчивы и вступают только в реакции замещения, подобно алканам:



АЛКЕНЫ

- **Алкенами** называются ненасыщенные углеводороды, молекулы которых содержат одну двойную связь. Атомы углерода, связанные двойной связью, находятся в состоянии sp^2 -гибридизации, двойная связь является сочетанием σ - и π -связей. Общая формула гомологического ряда алкенов $C_n H_{2n}$.

АЛКЕНЫ

- По систематической номенклатуре названия алкенов строятся так, что в названии алкана, соответствующего этой родоначальной структуре, суффикс -ан заменяется на **-ен**. В случае разветвления *главной считается цепь, содержащая двойную связь, даже если эта цепь и не является самой длинной*. Общее международное название этиленовых углеводородов — **алкены**. Непредельные углеводороды ряда этилена, содержащие одну двойную связь, называются **олефинами**.
- Углеводородные радикалы, образованные из алкенов, имеют суффикс **-енил**. Некоторые радикалы имеют тривиальные названия, **например, винил (этенил), аллил (пропенил)**.

АЛКЕНЫ

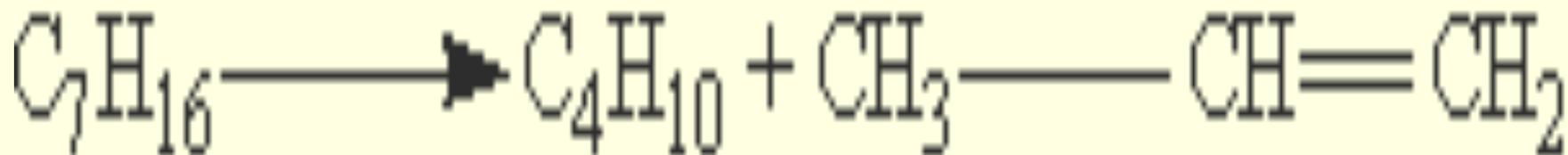
- **Структурная изомерия** алкенов обусловлена не только строением углеродного скелета, как это свойственно алканам, но и *положением* двойной связи в главной углеродной цепи. Первым гомологом, для которого осуществляется изомерия с учетом этих двух признаков, является алкен C_4H_8 .
- **Пространственная изомерия** алкенов обусловлена наличием в молекуле двойной связи и различным расположением заместителей относительно плоскости π -связи. **Многие алкены могут существовать в виде цис- и транс-изомеров.**

АЛКЕНЫ

- **Физические свойства.** По физическим свойствам алкены мало отличаются от алканов с тем же числом атомов в молекуле. Низшие гомологи C₂—C₄ при нормальных условиях — газы, C₅—C₁₇ — жидкости, высшие гомологи — твердые вещества. Алкены нерастворимы в воде, хорошо растворимы в органических растворителях.

АЛКЕНЫ

- **Способы получения.** Алкены являются ценным сырьем для промышленного органического синтеза. В природе они практически не встречаются, поэтому разработано много методов получения алкенов различного строения.
- **1) Крекинг алканов.**
- **Крекингом обычно называют процессы химических превращений органических соединений, происходящие при высокой температуре.** Крекинг алканов является важнейшим промышленным способом получения алкенов из высококипящих фракций нефти. Под действием сильного нагревания (до 700 °С) в молекулах алканов гомолитически расщепляются σ -связи C—C, при этом образуется смесь низкомолекулярных алканов и алкенов:

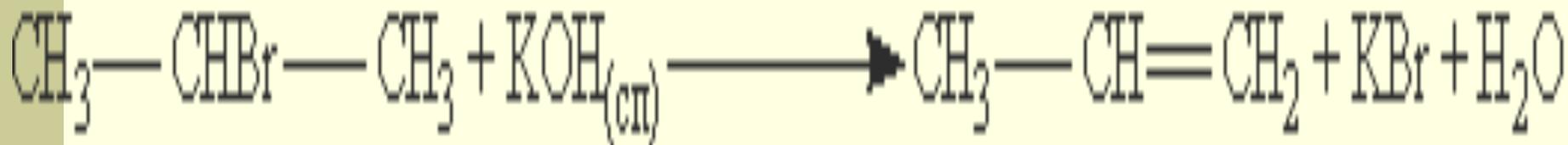


АЛКЕНЫ

- **2) Реакции элиминирования.** Эта группа реакций лежит в основе большинства способов получения алкенов.
- **Элиминирование** — это отщепление двух атомов или групп атомов от соседних атомов углерода с образованием между ними p -связи.. Атомы углерода при элиминировании переходят из sp^3 - в sp^2 -гибридное состояние. Исходными веществами могут служить представители разных классов органических соединений.

АЛКЕНЫ

- **Дегидрогалогенирование** происходит при действии спиртовых растворов щелочей на моногалогениды:



- В молекуле 2-бромпропана атом водорода отщепляется от любого из соседних атомов углерода, так как они равноценны. **В случаях, когда соседние атомы углерода не одинаковы, отщепление атома водорода происходит преимущественно от наименее гидrogenизированного атома углерода (т. е. имеющего наименьшее число атомов водорода).** Эта закономерность носит название **правила Зайцева.**

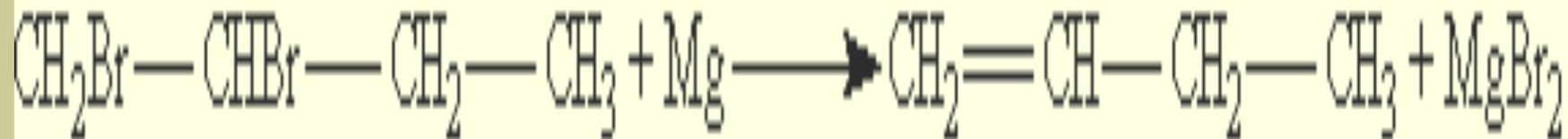
АЛКЕНЫ

- **Дегидратация спиртов** происходит при их нагревании с серной кислотой или пропускании паров спирта над катализатором.



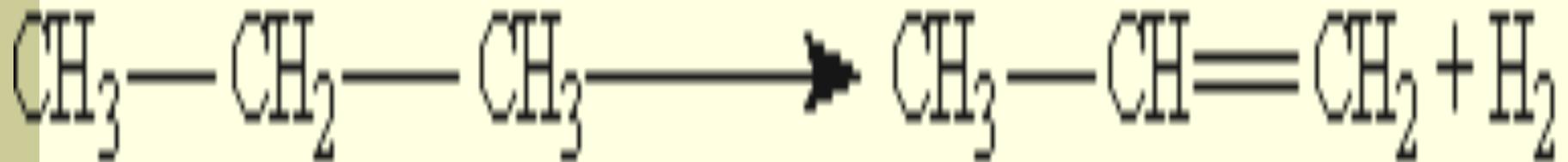
АЛКЕНЫ

- **Дегалогенирование** происходит при нагревании дигалогенидов, имеющих атомы галогена у соседних атомов углерода, с активными металлами:



АЛКЕНЫ

- **Дегидрирование алканов** проводят при 500 °С в присутствии катализатора:

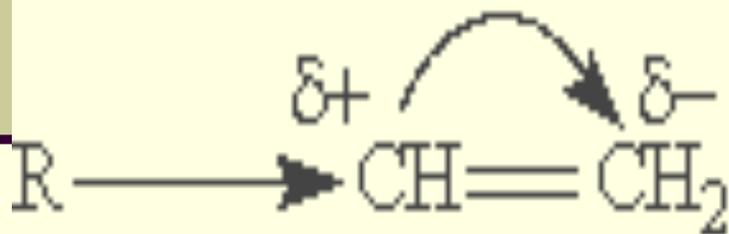


АЛКЕНЫ

- **Химические свойства** алкенов определяются наличием в их молекулах двойной связи. Электронное облако π -связи подвергается атаке электрофильными агентами. Поэтому многие реакции алкенов протекают по механизму **электрофильного присоединения**, обозначаемому символом A_E (от англ. addition electrophilic). *Реакции электрофильного присоединения — это ионные процессы, протекающие в несколько стадий.*

АЛКЕНЫ

- Характерной особенностью электронного облака π -связи является его подвижность. Под влиянием заместителей электронная плотность π -связи может смещаться к одному из атомов углерода. π -Связь тогда становится полярной, а на атомах углерода, соединенных двойной связью, возникают частичные заряды. Увеличение полярности в конечном счете может привести к гетерологическому разрыву π -связи.



+I-эфф ект



-I-эфф ект

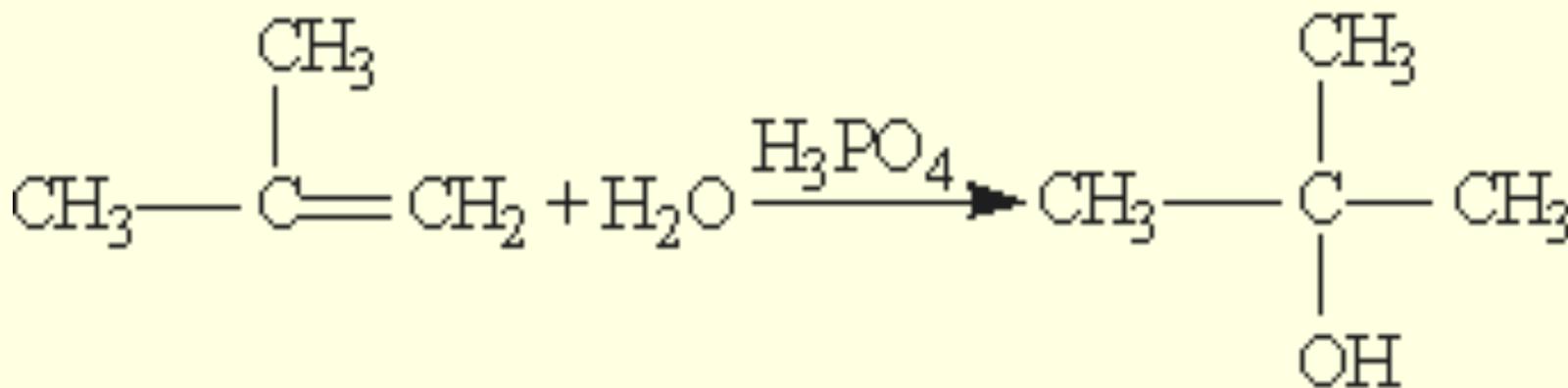
АЛКЕНЫ

- **1) Гидрогалогенирование.** При взаимодействии алкенов с галогеноводородами (HCl, HBr) образуются галогеналканы, причем если исходный алкен несимметричен, то реакция протекает *по правилу Марковникова*.
- **Правило Марковникова:** *при присоединении полярных молекул типа HX к несимметричным алкенам водород присоединяется к более гидрогенизированному атому углерода при двойной связи:*



АЛКЕНЫ

- **2) Гидратация.** При взаимодействии алкенов с водой в присутствии минеральных кислот (серной, фосфорной) образуются спирты. Минеральные кислоты выполняют роль катализаторов и являются источниками протонов. *Присоединение воды идет по правилу Марковникова:*



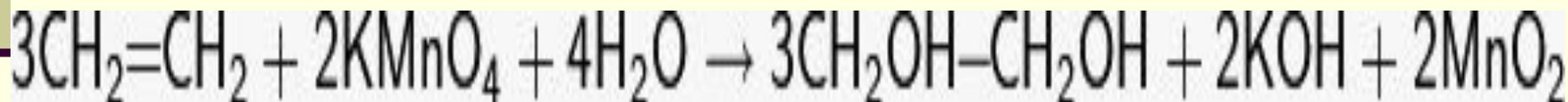
АЛКЕНЫ

- **3) Галогенирование.** При добавлении к алкену брома (в виде бромной воды) бурая окраска брома быстро исчезает. **Эта реакция является качественной на двойную связь:**



АЛКЕНЫ

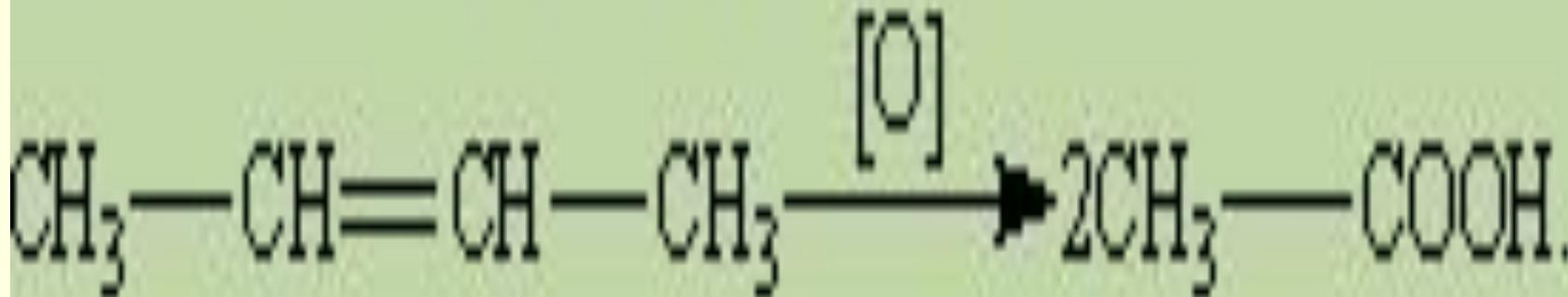
- **4) Окисление.** При окислении алкенов перманганатом калия KMnO_4 в нейтральной или слабощелочной среде происходит разрыв π -связи и присоединение гидроксильной группы к каждому атому углерода, т. е. реакция гидроксидирования. В результате реакции окрашенный раствор перманганата калия быстро обесцвечивается и выпадает коричневый осадок оксида марганца (IV). **Эта реакция также является качественной на двойную связь.**



(Реакция Вагнера)

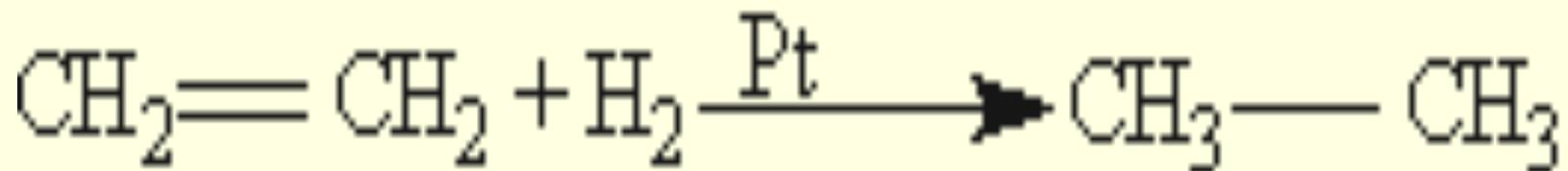
АЛКЕНЫ

- При окислении перманганатом калия в кислой среде или хромовой смесью происходит полный разрыв двойной связи с образованием продуктов окисления. Эту реакцию называют окислительным расщеплением двойной связи.
- Так, из молекулы бутена-2 в результате окислительного расщепления образуются две молекулы уксусной кислоты:



АЛКЕНЫ

- **5) Восстановление (гидрирование).** Эта реакция протекает в присутствии катализатора — мелко раздробленного никеля, платины или палладия — при комнатной температуре:

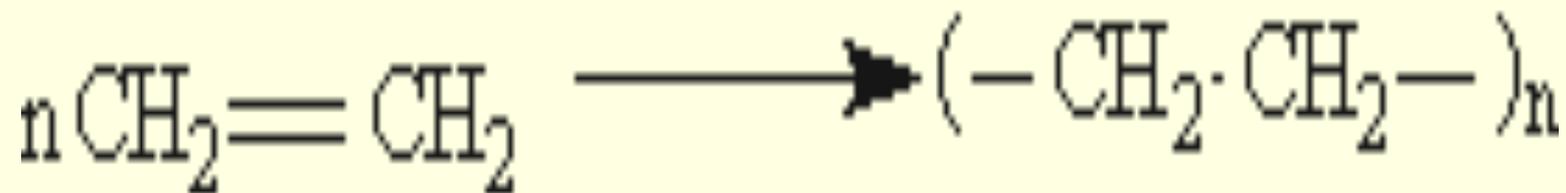


АЛКЕНЫ

- **6) Реакции полимеризации.** Особым типом реакций присоединения к алкенам является их полимеризация, которая может катализироваться как электрофилами, так и радикалами или соединениями переходных металлов.
- **Реакция полимеризации — это последовательное присоединение молекул ненасыщенных соединений друг к другу с образованием высокомолекулярного продукта — полимера.**

АЛКЕНЫ

- *Полиэтилен* получают полимеризацией этилена:



АЛКЕНЫ

- **Применение.** Этилен применяется для получения этилового спирта, полиэтилена. Он ускоряет созревание плодов (помидоров, цитрусовых и др.) при введении небольших количеств его в воздух теплиц. Этилен и его гомологи используются как химическое сырье для синтеза многих органических веществ.

АЛКАДИЕНЫ

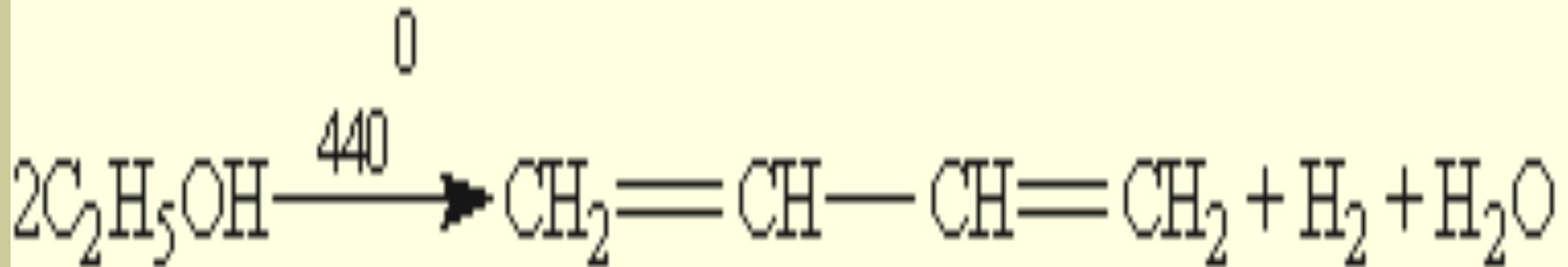
- Диеновые углеводороды (алкадиены). *Алкадиенами называются ненасыщенные углеводороды, содержащие две двойные связи.* Общая формула алкадиенов $C_n H_{2n-2}$.
- О наличии двух двойных связей в молекуле говорит суффикс **-диен**. Для указания положения каждой двойной связи главную углеродную цепь нумеруют так, чтобы в нее входили обе двойные связи, а атомы углерода, связанные двойными связями, получили наименьшие номера. Для некоторых алкадиенов продолжают использовать тривиальные названия, например *изопрен* (2-метилбута-диен-1,3).

АЛКАДИЕНЫ

- Если двойные связи разделены в цепи двумя или более σ -связями (пентадиен -1,4), то такие двойные связи называются **изолированными**.
Химические свойства алкадиенов с изолированными двойными связями такие же, как и у алкенов, с той разницей, что в реакции могут вступать не одна, а две двойные связи независимо друг от друга.
- Если двойные связи разделены в цепи только одной σ -связью, то их называют **сопряженными**.
В этом случае в молекуле двойные и одинарные связи чередуются, как, например, в **бутадиене-1,3** $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$, который является простейшим сопряженным алкадиеном.

АЛКАДИЕНЫ

- Каталитический способ получения бутадиена-1,3 из этанола был **открыт в 1932 г. С. В. Лебедевым**. По способу Лебедева бутадиен-1,3 получается в результате одновременного *дегидрирования* и *дегидратации* этанола с катализаторами на основе ZnO и Al₂O₃:

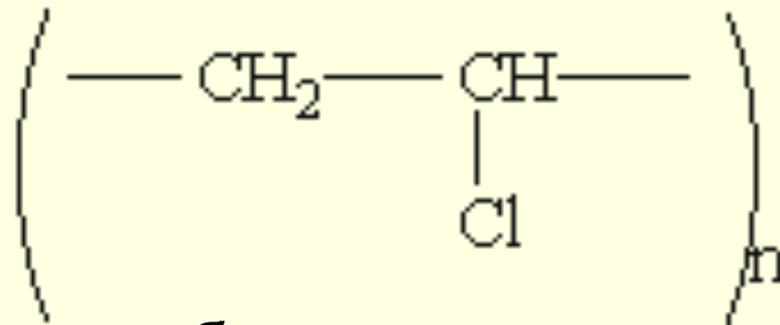


АЛКАДИЕНЫ

- **Химические свойства.**
- Для алкадиенов характерны реакции *электрофильного присоединения* A_E . Однако в химическом поведении алкадиенов-1,3 есть особенности, связанные с наличием в их молекуле сопряжения. Так, в реакциях присоединения могут быть получены два продукта. Один из них получается за счет присоединения по любой двойной связи (*1,2-присоединение*). В этом случае алкадиен ведет себе подобно алкenu. Другой продукт получается в результате *1,4-присоединения*. В этом случае молекула алкадиена ведет себя как единая сопряженная система, и присоединение к ней идет как бы по ее “концам”. В получающемся продукте между атомами С-2 — С-3 содержится двойная связь.
- Преимущественное протекание реакции по тому или иному пути зависит от конкретных условий.

АЛКАДИЕНЫ

- **Полимеризация.**
- **Применение некоторых полимеров.**
- **Поливинилхлорид** — продукт полимеризации хлористого винила (винилхлорида) $\text{CH}_2=\text{CHCl}$.
Структурная формула:



- Этот полимер обладает ценными свойствами: он негорюч, устойчив к действию химических реагентов, легко окрашивается. Из пластмасс на его основе изготавливают клеенки, плащи, портфели, искусственную кожу для обуви и т. п. Широко применяется для изоляции проводов и кабелей.

АЛКИНЫ

- **Алкинами** называются **ненасыщенные углеводороды, молекулы которых содержат одну тройную связь.** Общая формула алкинов $C_n H_{2n-2}$.
- По номенклатуре ИЮПАК наличие тройной связи в молекуле обозначается суффиксом **-ин**, который заменяет суффикс **-ан** в названии соответствующего алкана.

АЛКИНЫ

- ***Структурная изомерия*** алкинов, как и алкенов, обусловлена строением углеродной цепи и положением в ней тройной связи.

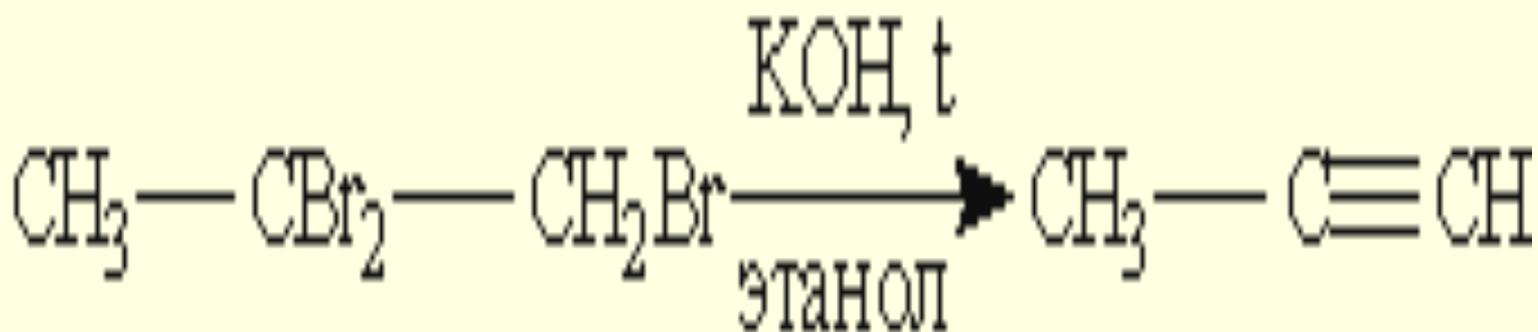
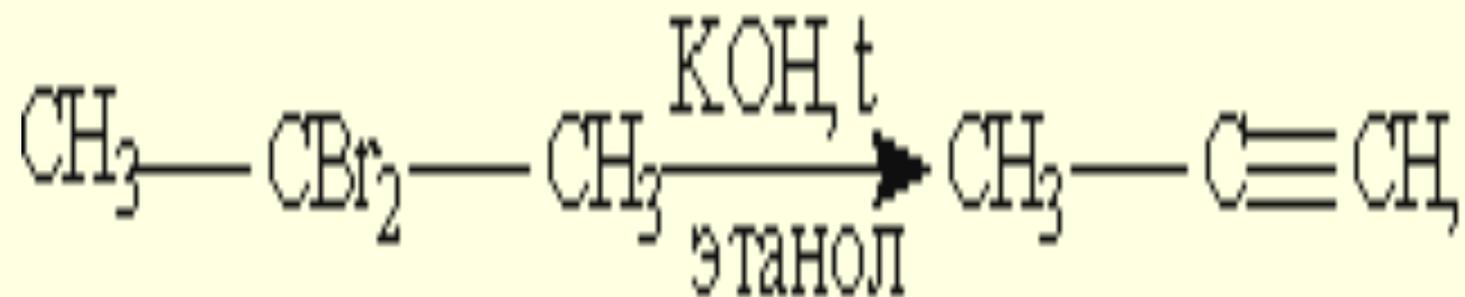
АЛКИНЫ

- **Физические свойства.** По физическим свойствам алкины напоминают алканы и алкены. Низшие алкины $C_2—C_4$ представляют собой газы, $C_5—C_{16}$ — жидкости, высшие алкины — твердые вещества. Температуры кипения алкинов несколько выше, чем у соответствующих алкенов.

АЛКИНЫ

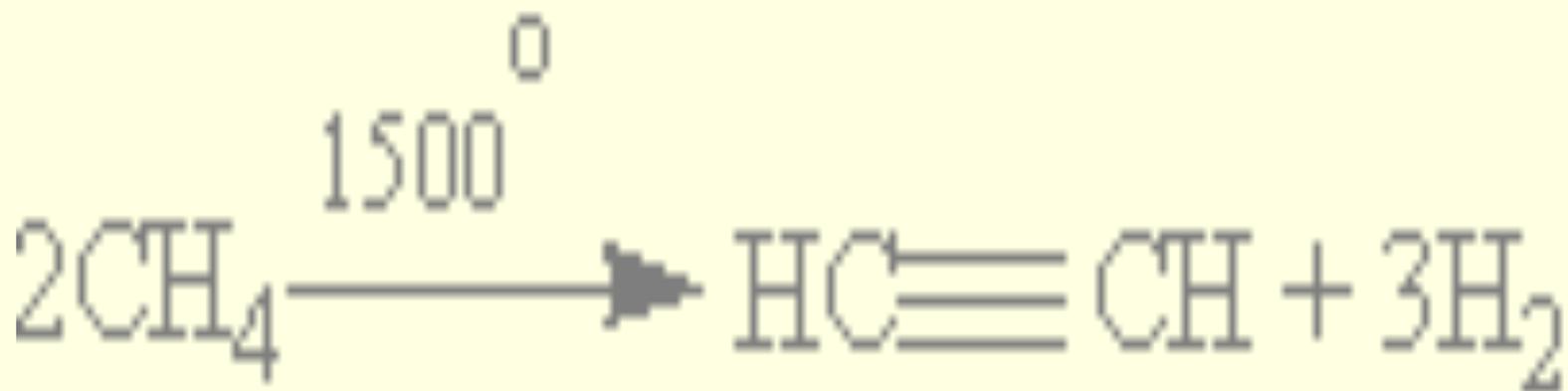
- **Способы получения.**
- **1. Общим способом получения алкинов** является реакция **дегидрогалогенирования** - отщепления двух молекул галогеноводорода от дигалогензамещенных алканов, которые содержат два атома галогена либо у соседних атомов углерода (например, 1,2-дибромпропан), либо у одного атома углерода (2,2-дибромпропан). Реакция происходит под действием *спиртового раствора гидроксида калия*:

АЛКИНЫ



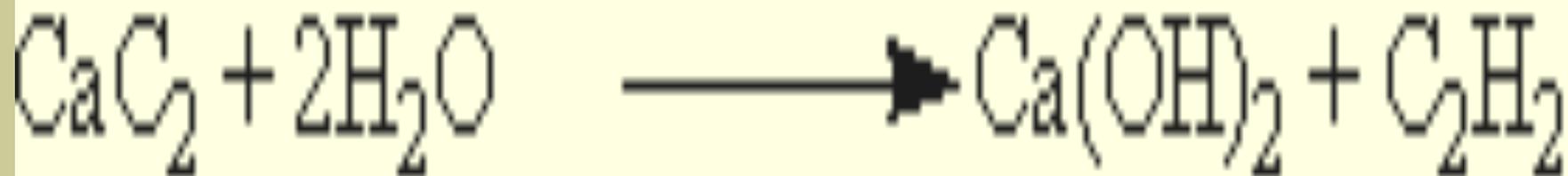
АЛКИНЫ

- **2. Важнейший из алкинов — ацетилен — получают** в промышленности путем высокотемпературного крекинга метана:



АЛКИНЫ

- В лаборатории ацетилен можно получить гидролизом карбида кальция:

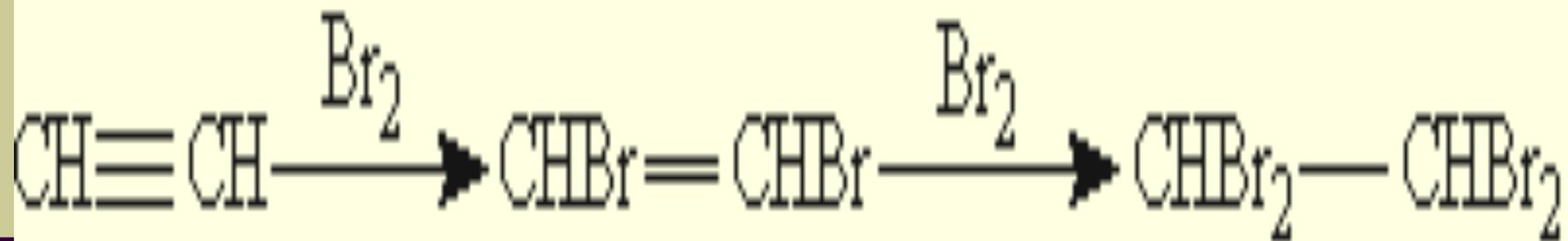


АЛКИНЫ

- **Химические свойства.**
- **Тройная связь образуется двумя атомами углерода в sp-гибридном состоянии. Две σ -связи расположены под углом 180° , а две π -связи расположены во взаимно перпендикулярных областях. Наличие π -связей обуславливает способность алкинов вступать в реакции *электрофильного присоединения*. Однако эти реакции для алкинов протекают медленнее, чем для алкенов. Это объясняется тем, что p-электронная плотность тройной связи расположена более комплексно, чем в алкенах, и поэтому менее доступна для взаимодействия с различными реагентами.**

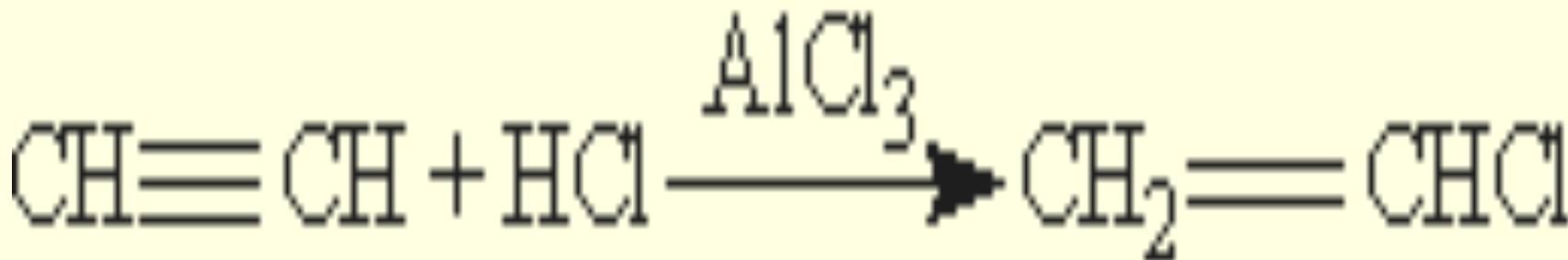
АЛКИНЫ

- **1. Галогенирование.** Галогены присоединяются к алкинам в две стадии. Например, присоединение брома к ацетилену приводит к образованию дибромэтена, который, в свою очередь, реагирует с избытком брома с образованием тетрабромэтана:



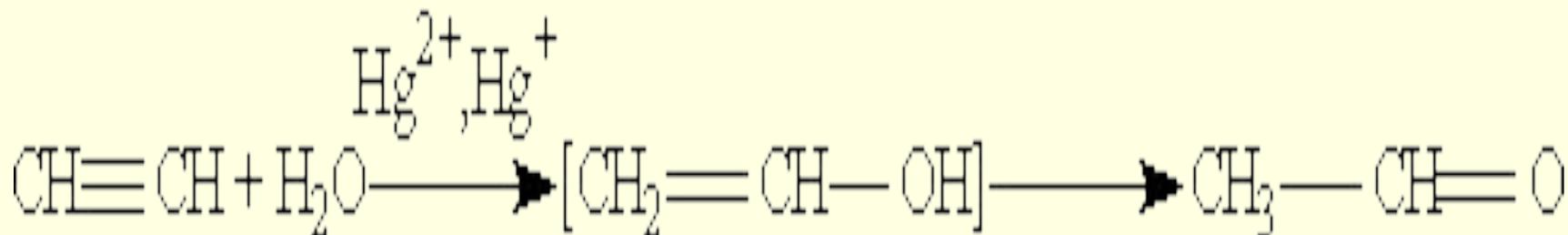
АЛКИНЫ

- **2. Гидрогалогенирование.** Галогеноводороды присоединяются к тройной связи труднее, чем к двойной. Для активации галогеноводорода используют AlCl_3 — сильную кислоту Льюиса. Из ацетилена при этом можно получить винилхлорид (хлорэтен), который используется для получения важного полимера — поливинилхлорида;



АЛКИНЫ

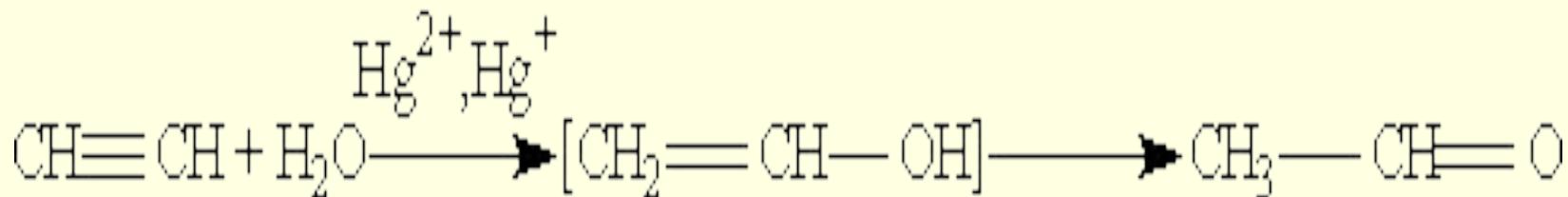
- **3. Гидратация.** Присоединение воды к алкинам катализируется солями ртути (II) (реакция Кучерова):



- **На первой стадии реакции образуется неопределенный спирт, в котором гидроксигруппа находится непосредственно у атома углерода при двойной связи. Такие спирты принято называть виниловыми или енолами.**

АЛКИНЫ

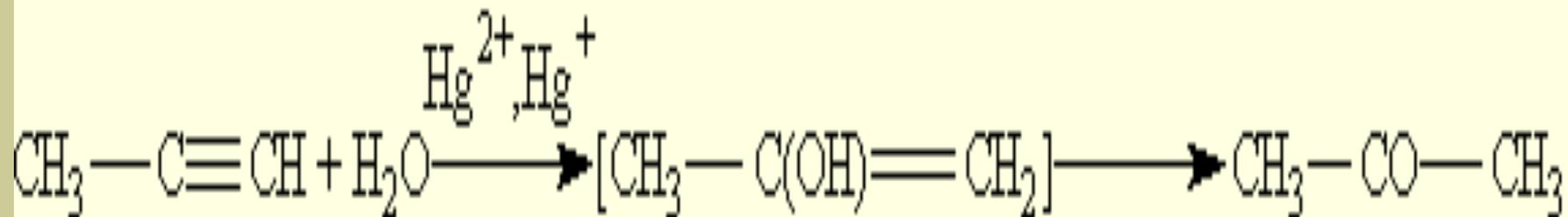
- **Отличительной чертой большинства енолов является их неустойчивость.** В момент образования они изомеризуются в более стабильные карбонильные соединения (альдегиды или кетоны) за счет переноса протона от гидроксильной группы к соседнему атому углерода при двойной связи. При этом π -связь между атомами углерода разрывается и образуется π -связь между атомом углерода и атомом кислорода. Причиной изомеризации является большая прочность двойной связи $C=O$ по сравнению с двойной связью $C=C$.



АЛКИНЫ

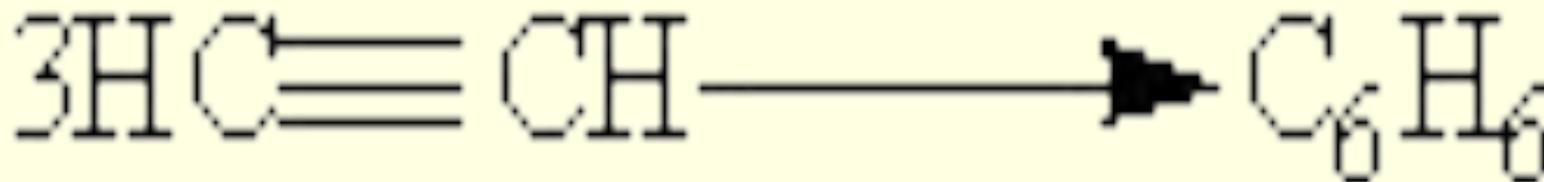
- В результате реакции гидратации только ацетилен превращается в *альдегид*, гидратация гомологов ацетилена протекает по правилу Марковникова, и образующиеся енолы изомеризуются в *кетоны*.

Так, пропин превращается в ацетон:



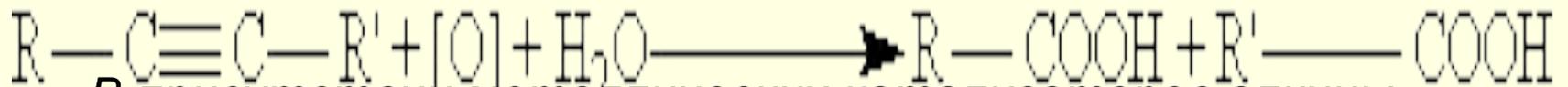
АЛКИНЫ

- **4. Полимеризация.**
- **При пропускании ацетилена над активированным углем при 600 °С происходит тримеризация ацетилена с образованием бензола:**

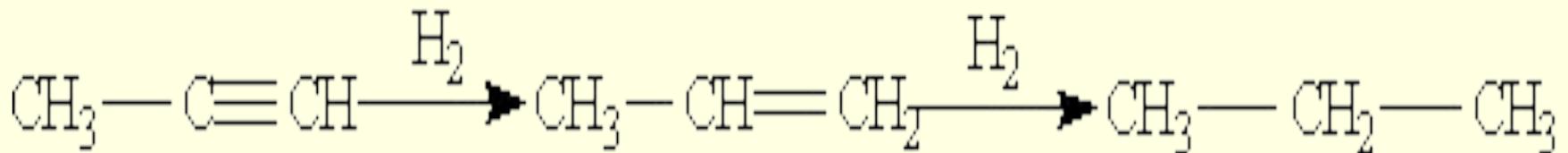


АЛКИНЫ

- **5. Реакции окисления и восстановления.** Алкины окисляются различными окислителями, в частности перманганатом калия. При этом раствор перманганата калия обесцвечивается, что служит указанием на наличие тройной связи. При окислении обычно происходит расщепление тройной связи и образуются карбоновые кислоты:



- В присутствии металлических катализаторов алкины восстанавливаются путем последовательного присоединения молекул водорода, превращаясь сначала в алкены, а затем в алканы:



АЛКИНЫ

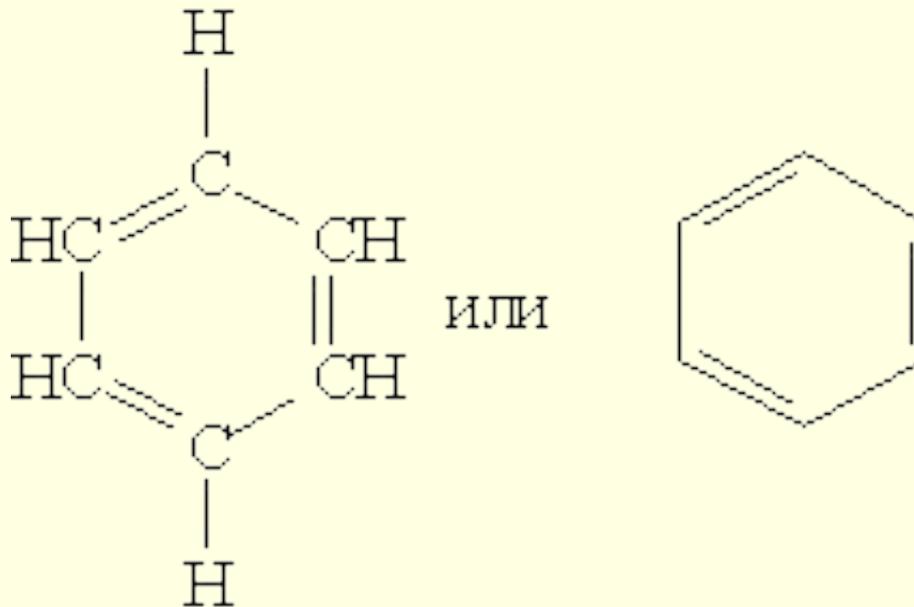
- **Применение.** Ацетилен применяется в качестве исходного сырья для многих промышленных химических синтезов. Из него получают уксусную кислоту, синтетический каучук, поливинилхлоридные смолы. Тетрахлорэтан $\text{CHCl}_2\text{—CHCl}_2$ — продукт присоединения хлора к этилену — служит хорошим растворителем жиров и многих органических веществ и, что очень важно, безопасен в пожарном отношении. Ацетилен используют для автогенной сварки металлов.

АРЕНЫ

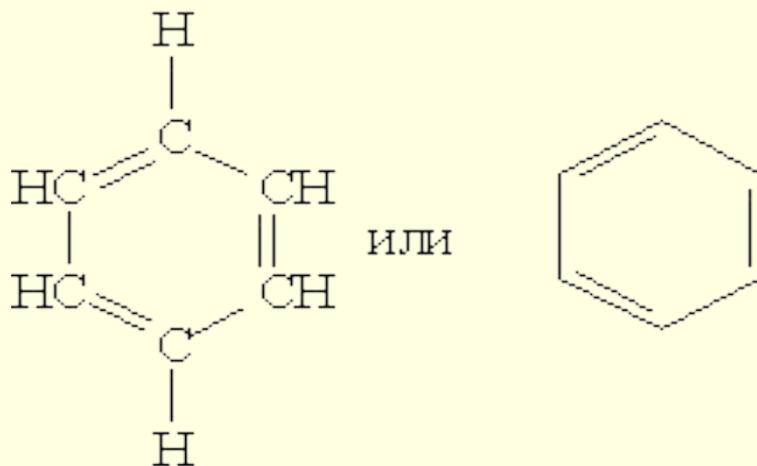
- ***Ароматическими углеводородами (аренами) называются вещества, в молекулах которых содержится одно или несколько бензольных колец — циклических групп атомов углерода с особым характером связей.***

АРЕНЫ

- **Понятие “бензольное кольцо” требует расшифровки. Для этого необходимо рассмотреть строение молекулы бензола. Первая структура бензола была предложена в 1865г. немецким ученым А. Кекуле:**



АРЕНЫ



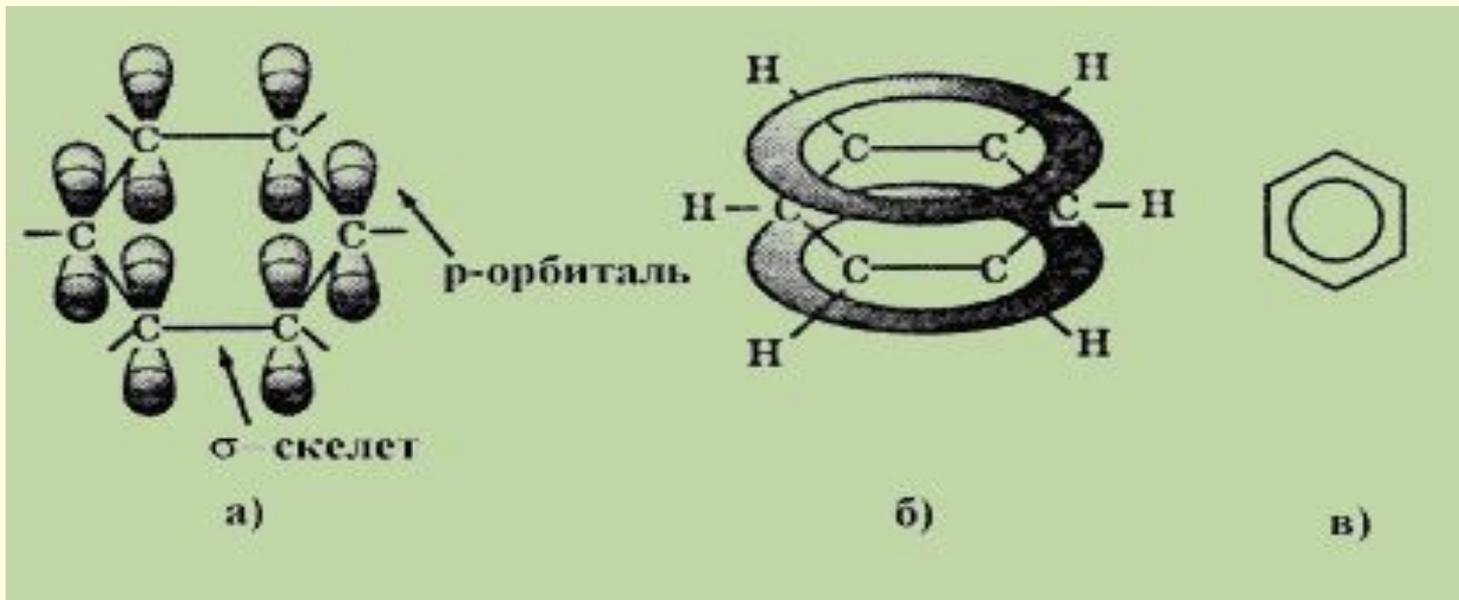
- Эта формула правильно отражает равноценность шести атомов углерода, однако не объясняет ряд особых свойств бензола. Например, несмотря на ненасыщенность, бензол не проявляет склонности к реакциям присоединения: он не обесцвечивает бромную воду и раствор перманганата калия, т. е. не дает типичных для непредельных соединений качественных реакций.

АРЕНЫ

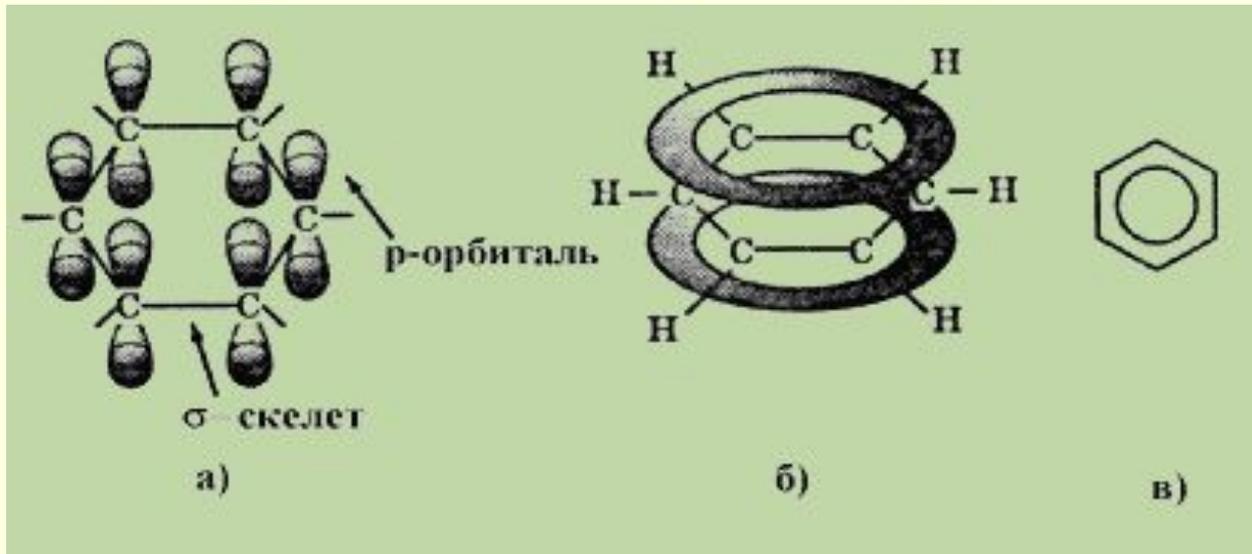
- **Особенности строения и свойств бензола удалось полностью объяснить только после развития современной квантово-механической теории химических связей. По современным представлениям все шесть атомов углерода в молекуле бензола находятся в sp^2 -гибридном состоянии. Каждый атом углерода образует σ -связи с двумя другими атомами углерода и одним атомом водорода, лежащие в одной плоскости. Валентные углы между тремя σ -связями равны 120° . Таким образом, все шесть атомов углерода лежат в одной плоскости, образуя правильный шестиугольник (σ -скелет молекулы бензола).**

АРЕНЫ

- Каждый атом углерода имеет одну негибризованную p -орбиталь. Шесть таких орбиталей располагаются перпендикулярно плоскому σ -скелету и параллельно друг другу (см. рис. а). Все шесть электронов взаимодействуют между собой, образуя π -связи, не локализованные в пары как при образовании двойных связей, а объединенные в единое π -электронное облако. Таким образом, в молекуле бензола осуществляется круговое сопряжение. Наибольшая π -электронная плотность в этой сопряженной системе располагается над и под плоскостью σ -скелета (см. рис. б).

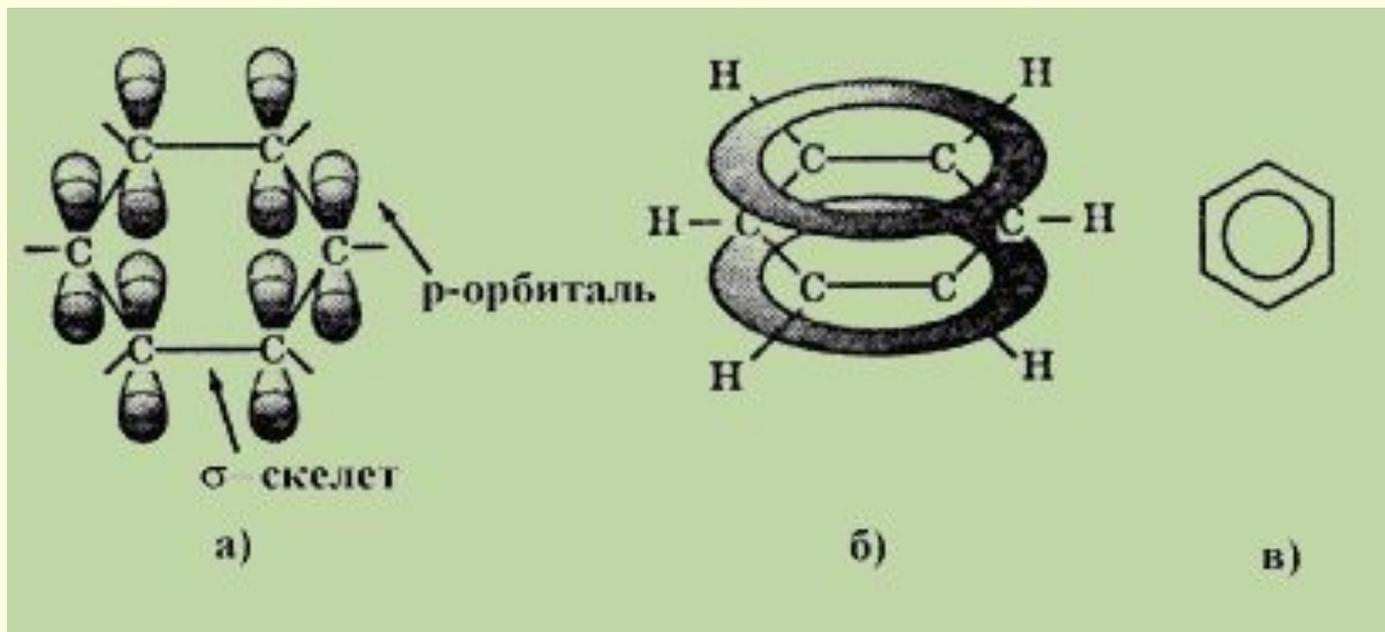


АРЕНЫ



- *В результате все связи между атомами углерода в бензоле выровнены и имеют длину 0,139нм. Эта величина является промежуточной между длиной одинарной связи в алканах (0,154нм) и длиной двойной связи в алкенах (0,133 нм). Равноценность связей принято изображать кружком внутри цикла (см. рис. в). Круговое сопряжение дает выигрыш в энергии 150 кДж/моль. Эта величина составляет **энергию сопряжения** — количество энергии, которое нужно затратить, чтобы нарушить ароматическую систему бензола.*

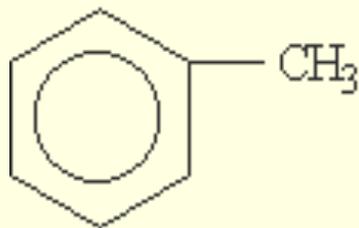
АРЕНЫ



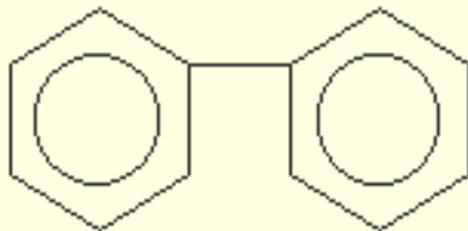
- Такое электронное строение объясняет все особенности бензола. В частности, понятно, почему бензол трудно вступает в реакции присоединения, — это привело бы к нарушению сопряжения. Такие реакции возможны только в очень жестких условиях.

АРЕНЫ

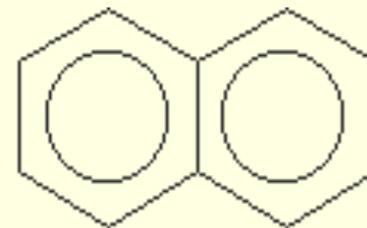
- **Номенклатура и изомерия.** Условно арены можно разделить на два ряда. К первому относят производные бензола (например, толуол или дифенил), ко второму — конденсированные (полиядерные) арены (простейший из них — нафталин):



толуол



дифенил

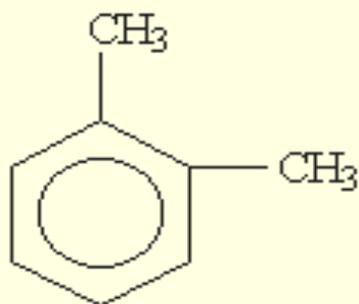


нафталин

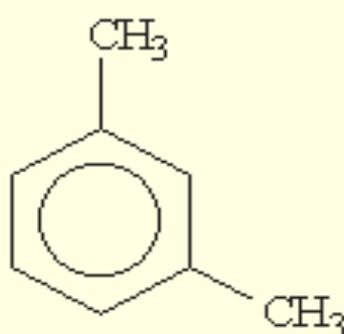
- **Гомологический ряд бензола отвечает общей формуле C_6H_{2n-6}**

АРЕНЫ

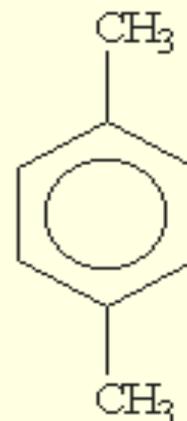
- **Структурная изомерия** в гомологическом ряду бензола обусловлена взаимным расположением заместителей в ядре. Монозамещенные производные бензола не имеют изомеров положения, так как все атомы в бензольном ядре равноценны. Дизамещенные производные существуют в виде трех изомеров,



1,2-диметилбензол
(о-ксилол)



1,3-диметилбензол
(м-ксилол)



1,4-диметилбензол
(п-ксилол)

- различающихся взаимным расположением заместителей. Положение заместителей указывают цифрами или приставками: *орто-* (*о-*), *мета-* (*м-*), *пара-* (*п-*).

АРЕНЫ

- Радикалы ароматических углеводородов называют арильными радикалами.
- Радикал (C_6H_5-) называется фенил.

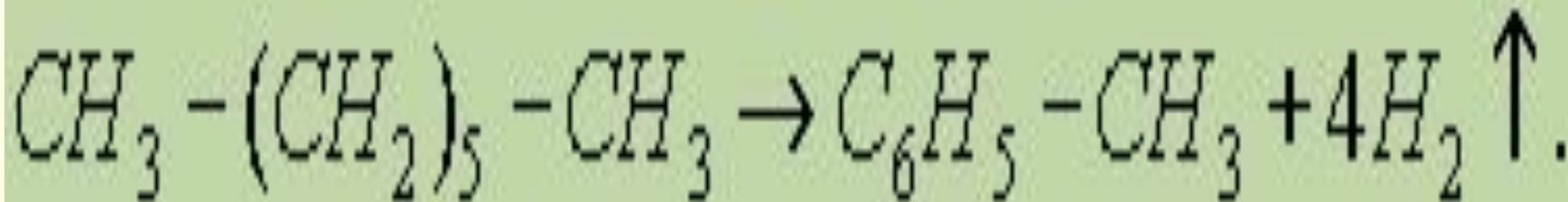
АРЕНЫ

- **Физические свойства.** Первые члены гомологического ряда бензола (например, толуол, этилбензол и др.) — бесцветные жидкости со специфическим запахом. Они легче воды и нерастворимы в ней. Хорошо растворяются в органических растворителях. Бензол и его гомологи сами являются хорошими растворителями для многих органических веществ. Все арены горят коптящим пламенем ввиду высокого содержания углерода в их молекулах.

АРЕНЫ

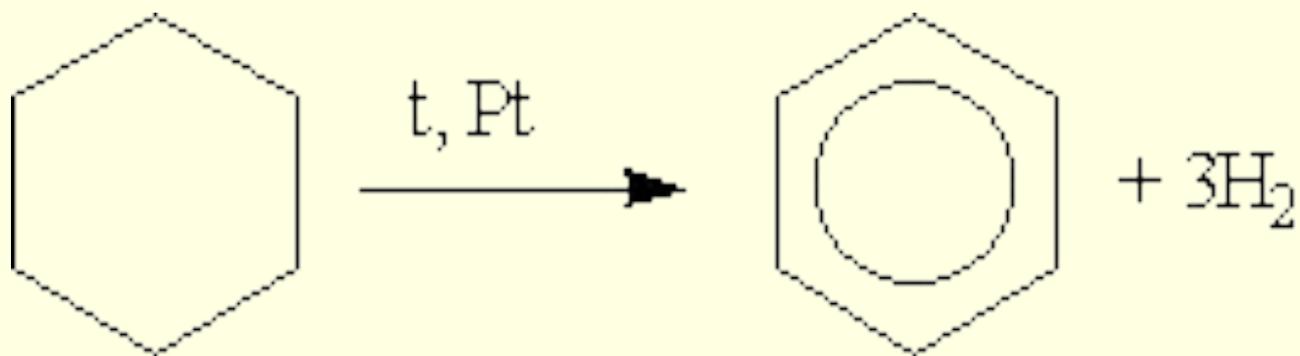
- **Способы получения.**
- **1. Получение из алифатических углеводородов.**

При пропускании алканов с неразветвленной цепью, имеющих не менее шести атомов углерода в молекуле, над нагретой платиной или оксидом хрома происходит **дегидроциклизация** — образование арена с выделением водорода:



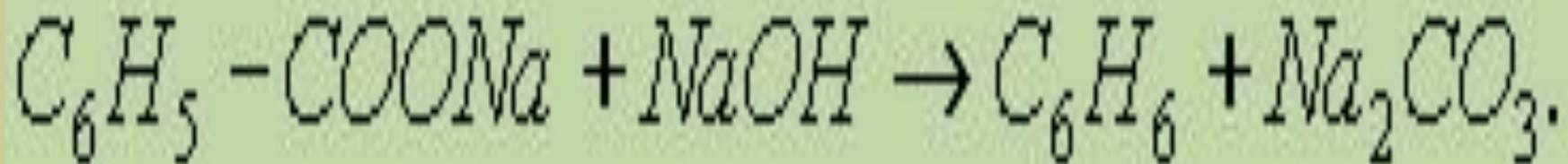
АРЕНЫ

- **2. Дегидрирование циклоалканов.** Реакция происходит при пропускании паров циклогексана и его гомологов над нагретой платиной:



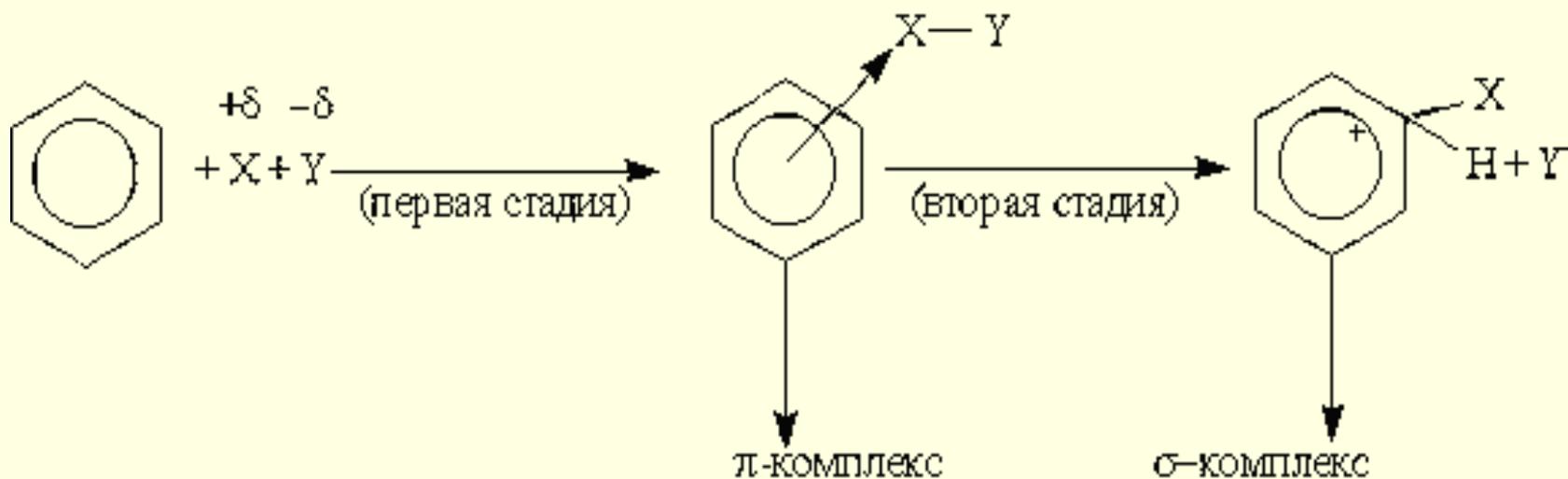
АРЕНЫ

- 3. Сплавление солей ароматических кислот со щелочью:

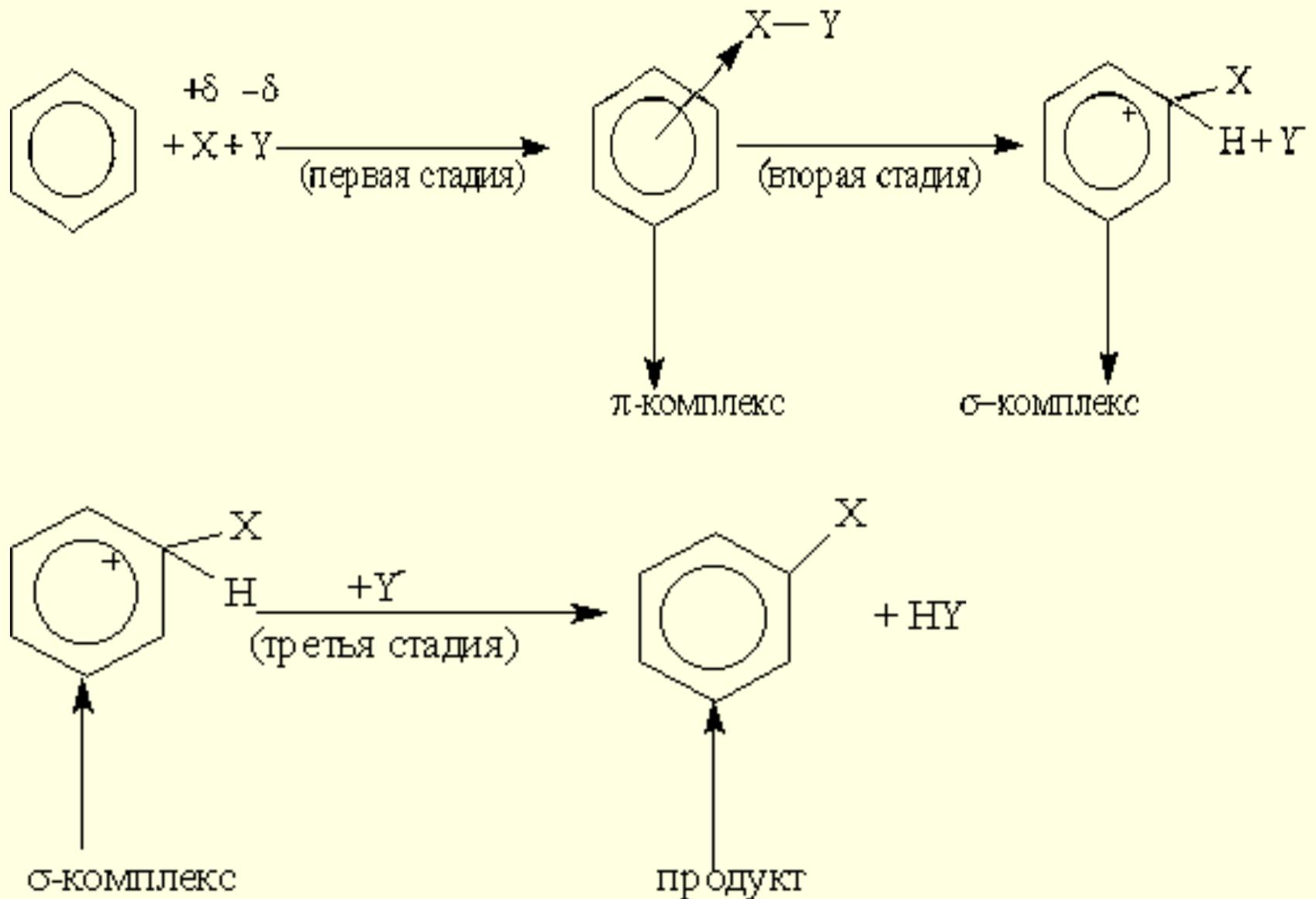


АРЕНЫ

- Химические свойства.** Обладая подвижной шестеркой π-электронов, ароматическое ядро является удобным объектом для атаки электрофильными реагентами. Этому способствует также пространственное расположение π-электронного облака с двух сторон плоского σ-скелета молекулы. Для аренов наиболее характерны реакции, протекающие по механизму **электрофильного замещения**, обозначаемого символом S_E (от англ. substitution electrophilic).



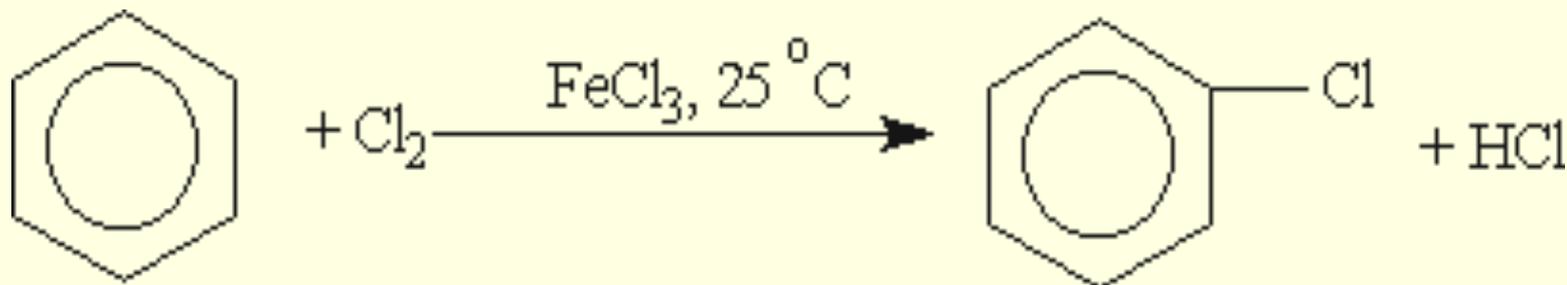
АРЕНЫ



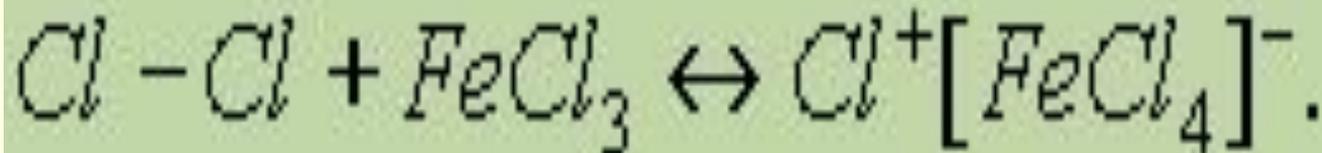
АРЕНЫ

■ Химические свойства бензола.

- **1. Галогенирование.** Бензол не взаимодействует с хлором или бромом в обычных условиях. Реакция может протекать только в присутствии катализаторов — безводных AlCl_3 , FeCl_3 , AlBr_3 . В результате реакции образуются галогенозамещенные арены:

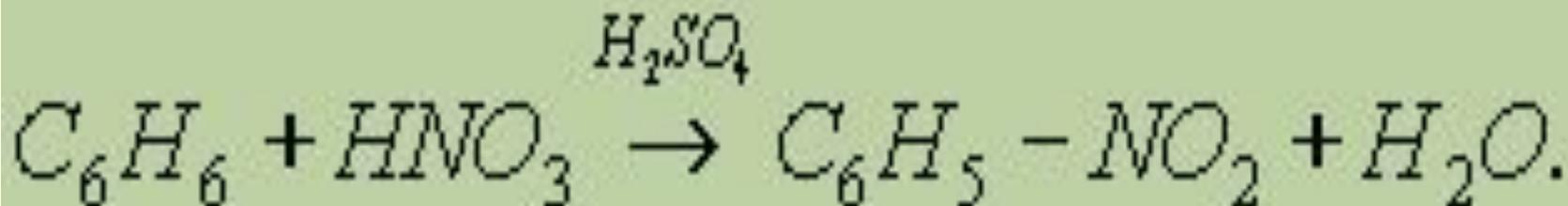


Роль катализатора заключается в поляризации нейтральной молекулы галогена с образованием из нее электрофильной частицы:



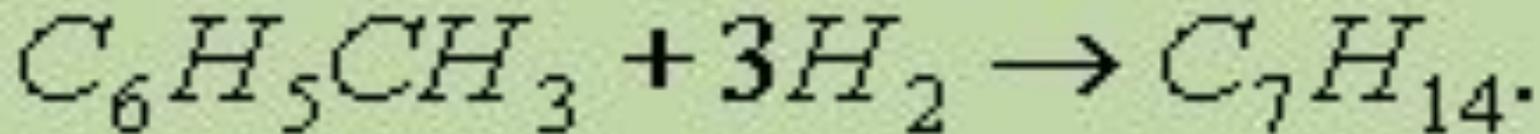
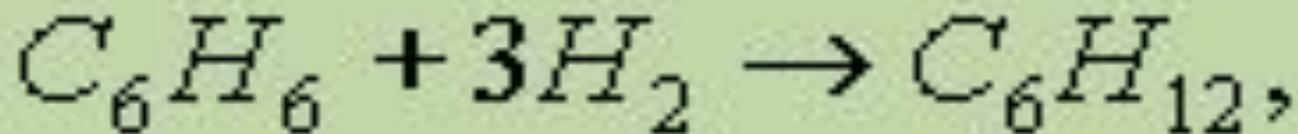
АРЕНЫ

- **2. Нитрование.** Бензол очень медленно реагирует с концентрированной азотной кислотой даже при сильном нагревании. Однако при действии так называемой **нитрующей смеси (смесь концентрированных азотной и серной кислот)** реакция нитрования проходит достаточно легко:



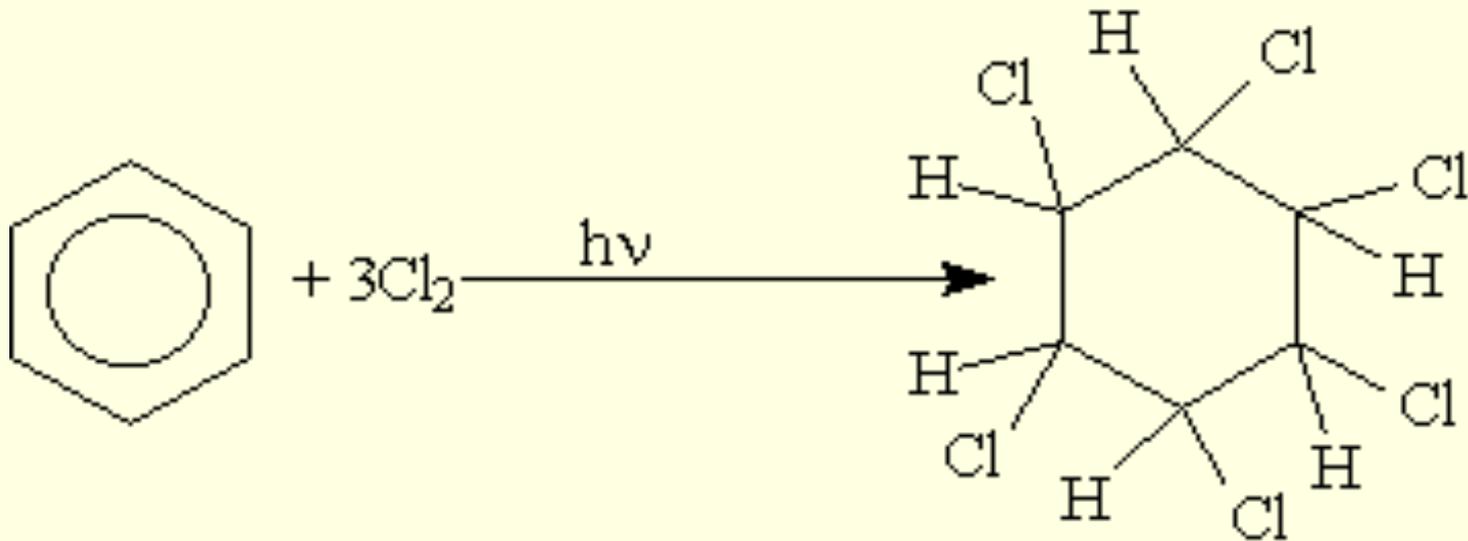
АРЕНЫ

- **3. Гидрирование.** Реакция присоединения водорода к аренам идет при нагревании и высоком давлении в присутствии металлических катализаторов (Ni, Pt, Pd). Бензол превращается в циклогексан, а гомологи бензола — в производные циклогексана:



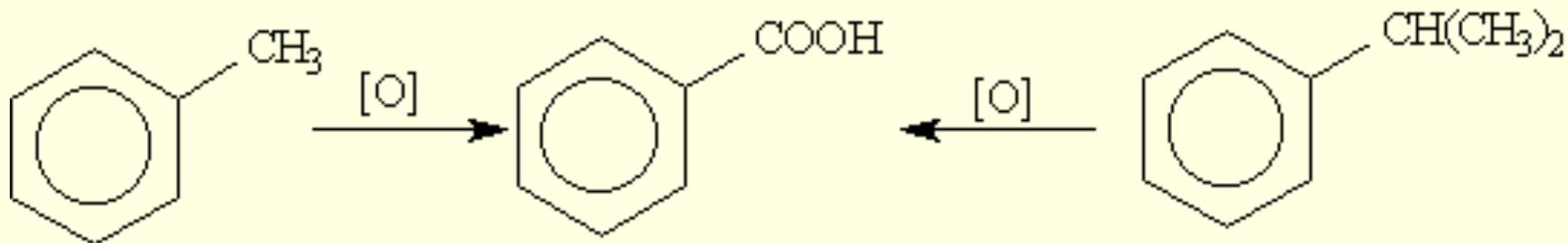
АРЕНЫ

- **4. Радикальное галогенирование.** Взаимодействие паров бензола с хлором протекает по радикальному механизму только под воздействием жесткого ультрафиолетового излучения. При этом бензол присоединяет три молекулы хлора и образует твердый продукт — гексахлорциклогексан (гексахлоран) $C_6H_6Cl_6$:



АРЕНЫ

- При действии на гомологи бензола перманганата калия и других сильных окислителей боковые цепи окисляются. Какой бы сложной ни была цепь заместителя, она разрушается, за исключением α -атома углерода, который окисляется в карбоксильную группу.
- Гомологи бензола с одной боковой цепью дают бензойную кислоту:



АРЕНЫ

- **Применение.** Бензол и его гомологи применяются как химическое сырье для производства лекарств, пластмасс, красителей, ядохимикатов и многих других органических веществ. Широко используются как растворители. Бензол в качестве добавки улучшает качество моторного топлива.