

E-mail: irkrav66@gmail.com

ОСНОВЫ Органической ХИМИИ

Практические занятия

лектор:
проф. Рохин Александр
Валерьевич

Классификация



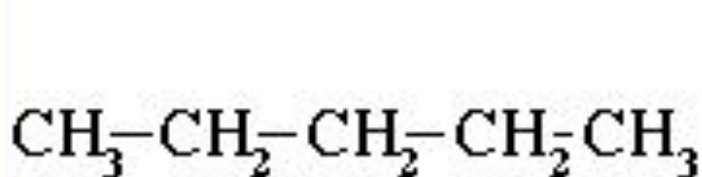
Классификация по строению углеродной цепи



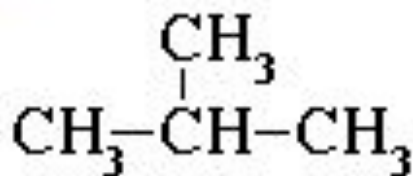
Ациклические

Ациклические (алифатические) соединения

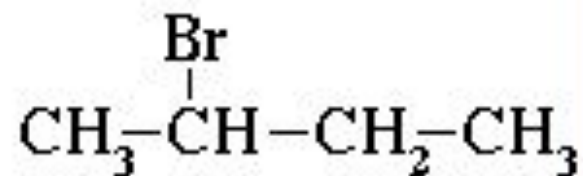
предельные



н-Пентан

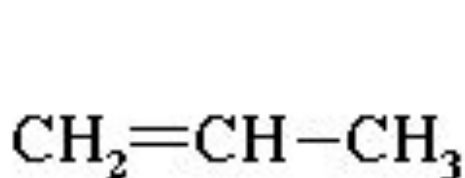


Изобутан

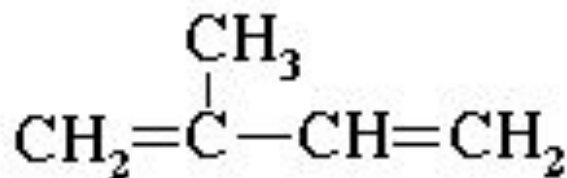


2-Бромбутан

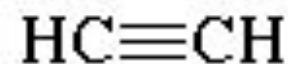
непредельные



Пропилен



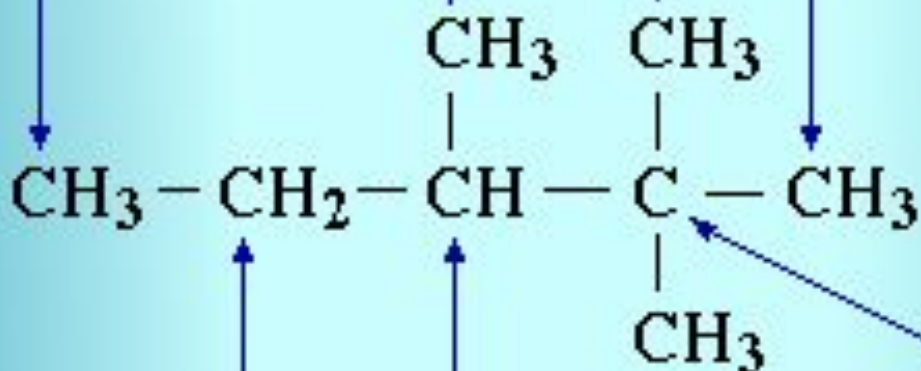
Изопрен



Ацетилен

Число связей атома углерода

Первичные атомы углерода



Четвертичный атом углерода

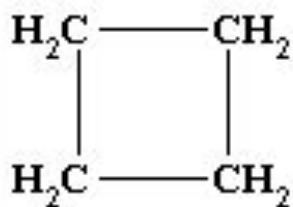
Вторичный атом углерода

Третичный атом углерода

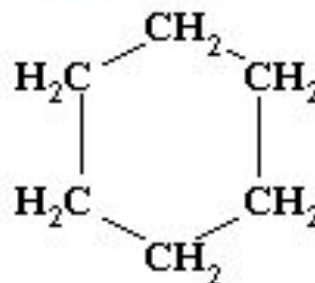
Циклические углеводороды

Карбоциклические соединения

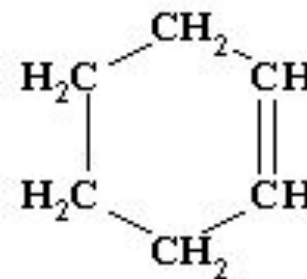
алициклические



Циклобутан

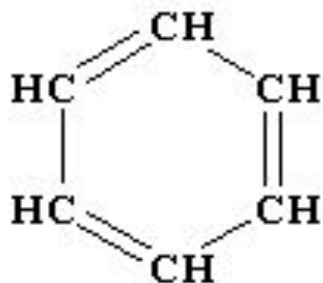


Циклогексан



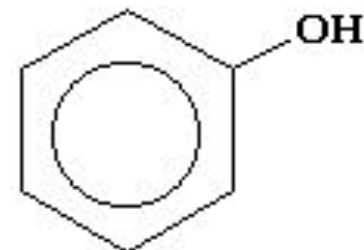
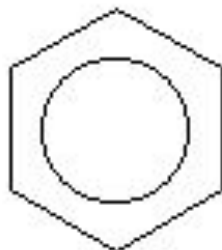
Циклогексен

ароматические



Бензол

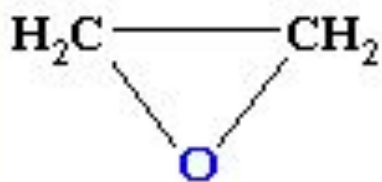
или



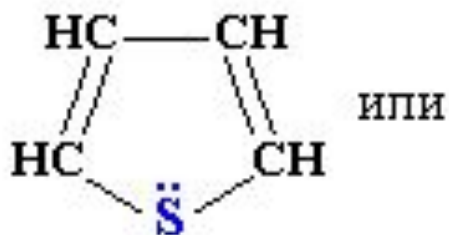
Фенол

Циклические углеводороды

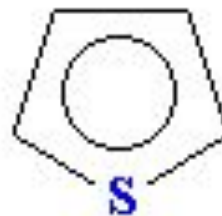
Гетероциклические соединения



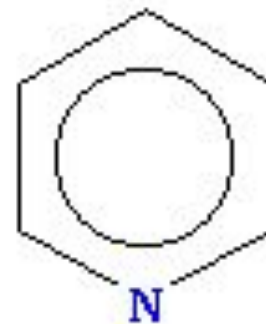
Этиленоксид
(эпоксид)



или



Тиофен



Пиридин

Классификация по функциональным группам

Классы органических соединений

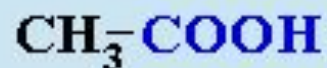
Функциональная группа	Название группы	Классы соединений	Общая формула	Пример
-OH	Гидроксил	Спирты	R-OH	C_2H_5OH этиловый спирт
		Фенолы		 фенол
$>C=O$	Карбонил	Альдегиды	$R \begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} C=O$	CH_3CHO уксусный альдегид
		Кетоны	$R \begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} C=O$	CH_3COCH_3 ацетон
$\begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} C \begin{array}{l} =O \\ \diagdown \\ OH \end{array}$	Карбоксил	Карбоновые кислоты	$R-C \begin{array}{l} =O \\ \diagdown \\ OH \end{array}$	CH_3COOH уксусная кислота
-NO ₂	Нитро	Нитро-соединения	R-NO ₂	CH_3NO_2 нитрометан
-NH ₂	Амино	Амины	R-NH ₂	 анилин
-F, -Cl, -Br, -I (Hal)	Фтор, хлор, бром, иод (галоген)	Галогено-производные	R-Hal	CH_3Cl хлористый метил

Полифункциональные соединения

Монофункциональные соединения

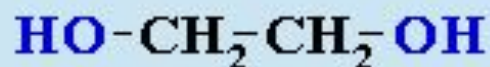


*этанол
(этиловый спирт)*

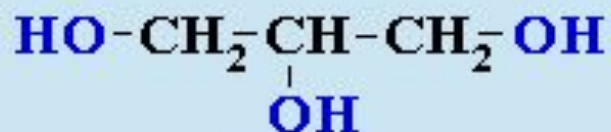


уксусная кислота

Полифункциональные соединения

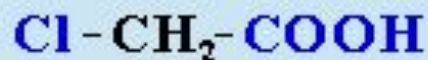


этиленгликоль

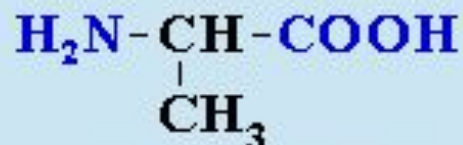


глицерин

Гетерофункциональные соединения



*хлоруксусная
кислота*



*аминокислота
аланин*

Гомологические ряды

Алканы:

CH_4	<i>метан</i>
$\text{CH}_3\text{-CH}_3$	<i>этан</i>
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	<i>пропан</i>
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	<i>бутан</i>
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	<i>пентан</i>

Спирты:

$\text{CH}_3\text{-OH}$	<i>метанол</i>
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$	<i>этанол</i>
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	<i>пропанол</i>
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	<i>бутанол</i>

гомологическая разность: $-\text{CH}_2-$

Номенклатура соединений (по ИЮПАК (IUPAC)):

- заместительная
- радикально-
функциональная

Термины

Для применения номенклатуры ИЮПАК необходимо знать смысл ряда номенклатурных терминов: *родоначальная структура, функциональная группа, органический радикал, заместитель*.

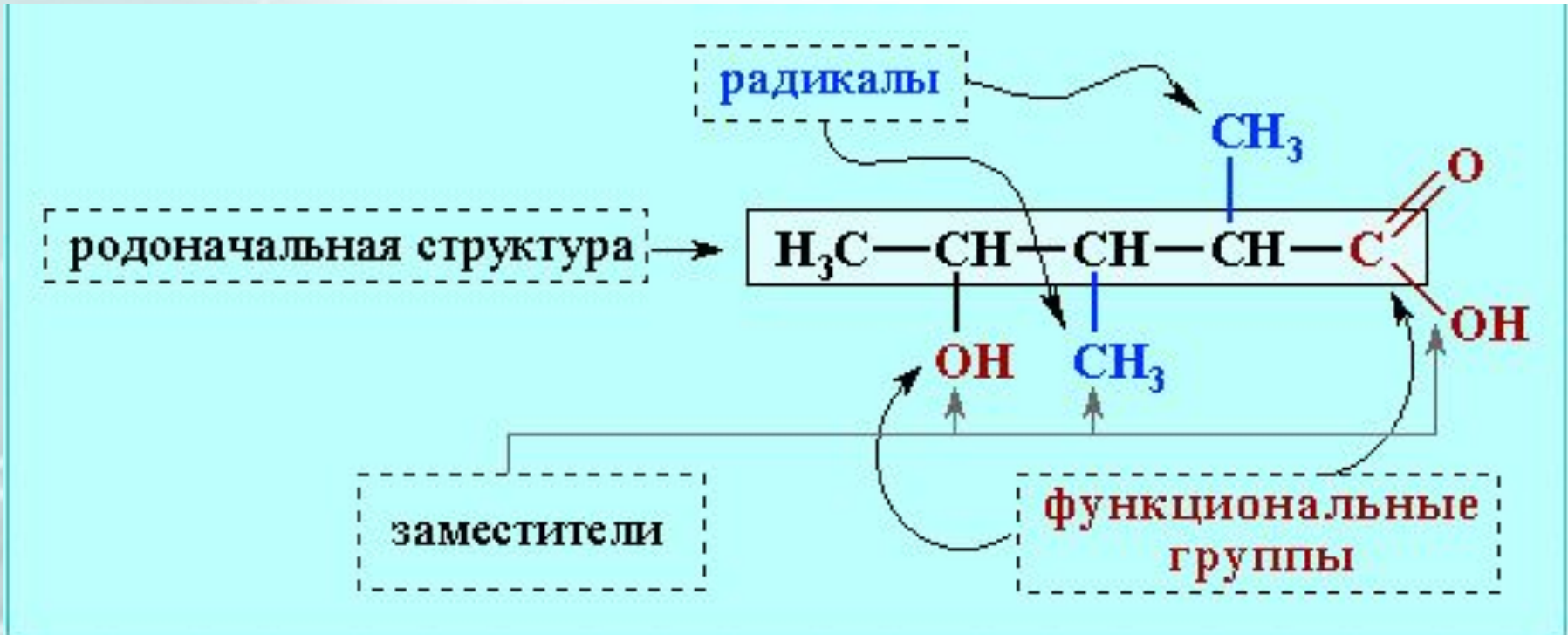
Родоначальная структура – химическая структура, составляющая основу называемого соединения. В ациклических соединениях это *главная углеродная цепь*, а в циклических – *карбоцикл* или *гетероцикл*.

Функциональная группа – атом или группа атомов, определяющая принадлежность соединения к определенному классу, связанная с родоначальной структурой или частично входящая в ее состав.

Органический радикал – остаток молекулы, из которой формально удалены один или два атома водорода, при этом остаются свободными одна или две валентности (остатки молекул с большим, чем 2 числом свободных валентностей как органические радикалы обычно не рассматриваются).

Заместитель – любой атом или группа атомов, замещающие атом водорода в родоначальной структуре. Заместителями являются как функциональные группы, так и радикалы.

Термины



Заместительная номенклатура

Префиксы	Название родоначальной структуры		Суффикс
	корень	суффикс	
Все заместители в едином алфавитном порядке (кроме старшей функциональной группы)	Главная цепь, основная циклическая или гетероциклическая структура	Степень насыщенности: -ан, -ен, -ин	Только старшая функциональная группа

Префиксы

Функциональные группы, обозначаемые только префиксами

Класс соединений	Группа	Префикс
Галогенопроизводные	-F, -Cl, -Br, -I	<i>фторо, хлоро, бромо, иодо*</i>
Простые эфиры	-OR	<i>алкокси</i>
Сульфиды	-SR	<i>алкилтио</i>
Нитросоединения	-NO ₂	<i>нитро</i>

* В русской терминологии конечная буква "о" часто опускается.

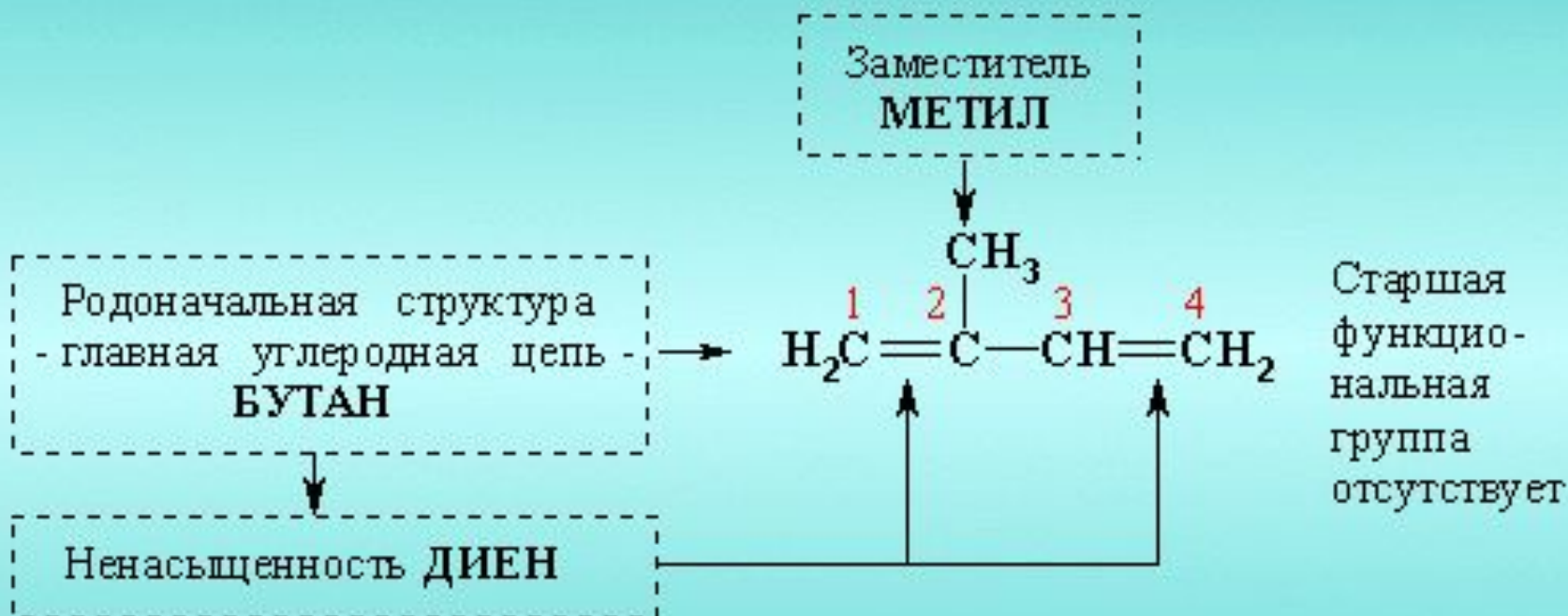
Порядок старшинства

Функциональные группы, обозначаемые только префиксами

Класс соединений	Группа	Префикс
Галогенопроизводные	-F, -Cl, -Br, -I	<i>фторо, хлоро, бромо, иодо*</i>
Простые эфиры	-OR	<i>алкокси</i>
Сульфиды	-SR	<i>алкилтио</i>
Нитросоединения	-NO ₂	<i>нитро</i>

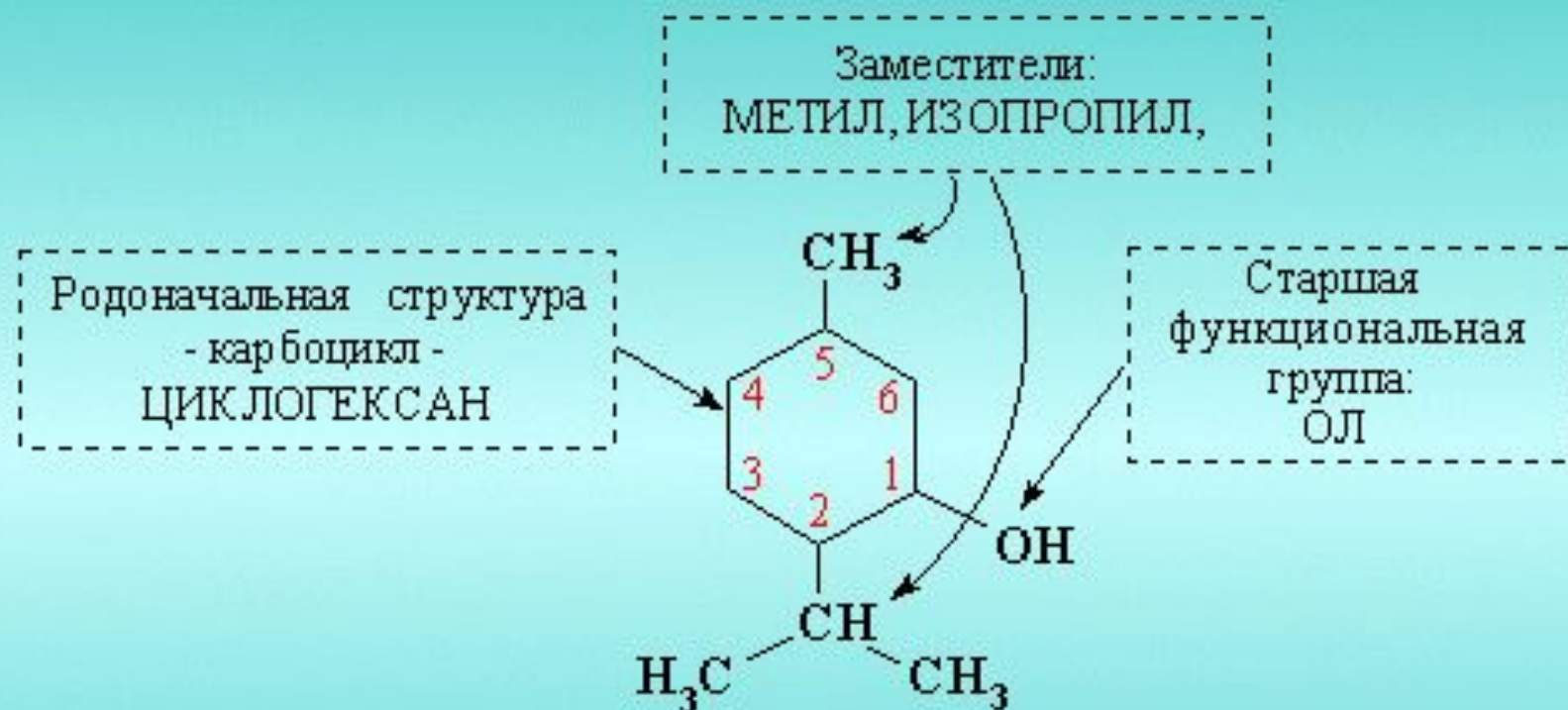
* В русской терминологии конечная буква "о" часто опускается.

Пример 1. Изопрен $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$
- структурная единица натурального каучука:



2-Метилбутадиен-1,3

Пример 2. Ментол - компонент препарата *валидол*



2-Изопропил-5-метилциклогексанол

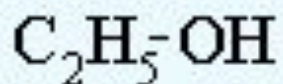
Радикально-функциональная номенклатура

Функциональная группа	Название класса
-CN	Цианид
$>C=O$	Кетон
$-NH_2$, $-NH-$, $>N-$	Амин
-OH	Спирт
-SH	Гидросульфид
-O-OH	Гидропероксид
-O-	Эфир или оксид
$-S-$, $>S=O$	Сульфид, сульфоксид
-F, -Cl, -Br, -I	Фторид, хлорид, бромид, иодид

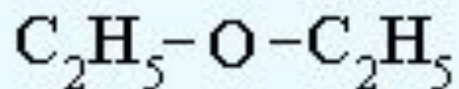
Структура названия соединения:

название радикала (радикалов) + название класса

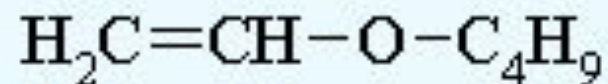
Радикально-функциональная номенклатура



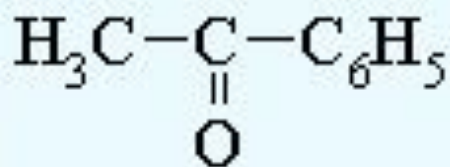
Этиловый
спирт



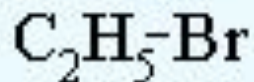
Диэтиловый
эфир



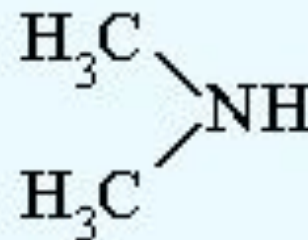
Винилбутиловый
эфир



Метилфенил-
кетон



Этил-
бромид



Диметил-
амин

Контрольная работа

1. Какая номенклатура использована в названии соединения C_2H_5Br *этилбромид*?

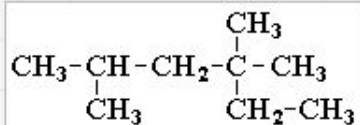
- заместительная номенклатура ИЮПАК
- радикально-функциональная номенклатура ИЮПАК
- название тривиальное

2. Название *глицерин*, данное соединению $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$, соответствует

- заместительной номенклатуре ИЮПАК
- радикально-функциональной номенклатуре ИЮПАК
- название тривиальное

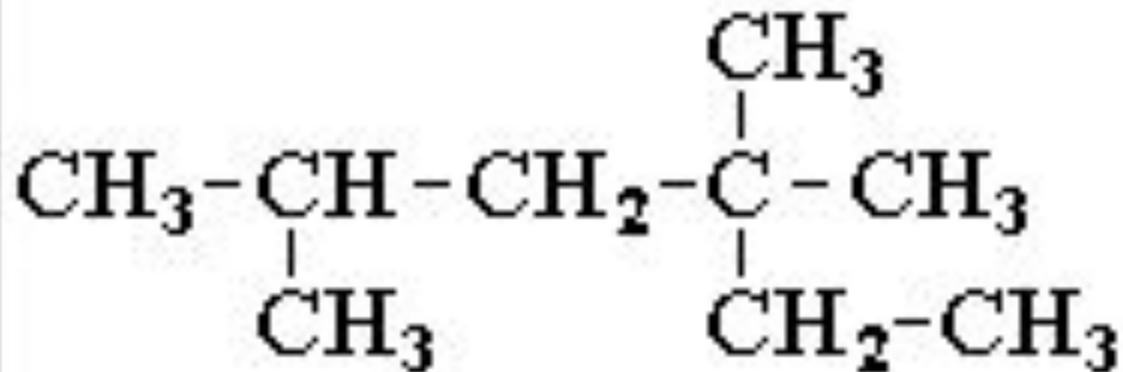
Контрольная работа

3. Корневую часть в названии соединения



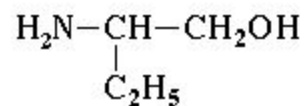
по систематической международной номенклатуре определяет структура, содержащая число углеродных атомов, равное

5 6 7 8 9

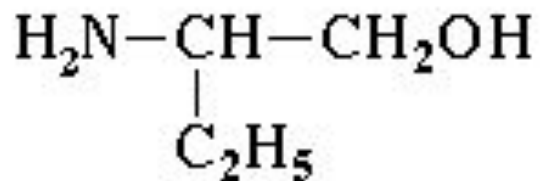


Контрольная работа

4. Укажите старшую функциональную группу и число углеродных атомов в родоначальной структуре соединения:



- OH; 3 атома С
- OH; 4 атома С
- NH₂; 2 атома С
- NH₂; 4 атома С



Контрольная работа

5. Какие названия соединения $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ даны с нарушением правил ИЮПАК:

- а) 1-гидроксиэтан,
- б) гидроксиэтан,
- в) этангидроксид,
- г) этанол,
- д) этанол-1,
- е) этиловый спирт?

а, б, в

а, б, д

а, б, в, д, е

а, в, д

б, в, г, е

а, б, в, д

Основные типы химических связей

$$\Delta\chi = \chi_A - \chi_B$$

χ_A и χ_B - электроотрицательности атомов А и В

Основные типы химических связей

Ионная связь

$$\Delta\chi > 2$$

Ковалентные связи

$$\Delta\chi < 2$$

Полярная
ковалентная
связь

$$2 > \Delta\chi > 0.5$$

Неполярная
ковалентная
связь

$$0.4 > \Delta\chi = 0$$

← Увеличение различий в электроотрицательности ($\Delta\chi$)
связанных атомов

Ионная связь

**химическая связь, основанная
на электростатическом
притяжении ионов**

**В органических соединениях встречается
редко, например, в органических солях:
 RCOO^-Na^+**

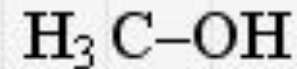
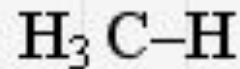
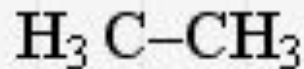
Электроотрицательность

Способность атома удерживать
внешние валентные электроны

Подчиняется периодическому закону:
растет слева направо в периодах и
снизу вверх в главных подгруппах в
таблице Д.И. Менделеева

Ковалентная связь

Связь, образованная путём
обобществления пары
электронов связываемых атомов



Свойства ковалентной связи

- Направленность
- Насыщаемость
- Полярность
- Поляризуемость

Направленность

Молекулярное строение органических молекул имеет геометрическую форму. Количественной мерой направленности является угол между двумя связями (валентный угол)

Насыщаемость

**Способность атомов
образовывать ограниченное
число ковалентных связей.
Количество связей
определяется числом внешних
атомных орбиталей атома.**

Полярность

Обусловлена неравномерным распределением электронной плотности вследствие различной электроотрицательности атомов по шкале Л. Полинга:

Элемент	K	Na	Li	Mg	H	S	C	I	Br	Cl	N	O	F
χ	0.8	0.9	1.0	1.2	2.1	2.5	2.5	2.5	2.8	3.0	3.0	3.5	4.0

Полярность

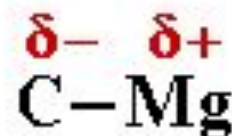
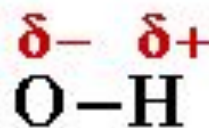
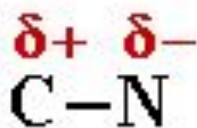
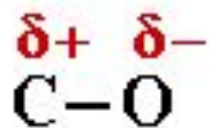
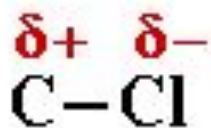
Ковалентные связи делятся на полярные и неполярные.

Неполярные связи между двумя одинаковыми атомами:

$\text{H}-\text{H}$, $\text{C}-\text{C}$.

Полярность

Полярные связи между двумя атомами с разной электроотрицательностью:
H—F, C—Cl.



Поляризуемость

Смещение электронов под воздействием внешнего электрического поля другой частицы.



Длина связи

Расстояние между центрами двух связанных атомов.

На характеристики связей влияет их кратность



Энергия связи

Энергия, выделяемая при образовании связи или необходимая для разъединения двух связанных атомов



Дипольный момент (μ или D)

Величина, характеризующая полярность связи:

$$|\bar{\mu}| = l \cdot q$$

l – длина связи

q – эффективный заряд

Основные характеристики некоторых ковалентных связей

Связь	Тип гибридизации атома углерода	Энергия, кДж/моль	Длина, нм	Дипольный момент, D
C-C	sp^3	348	0,154	0
C=C	sp^2	620	0,133	0
C≡C	sp	814	0,120	0
C-H	sp^3	414	0,110	0,2
C-H	sp	435	0,107	1,1
C-O	sp^3	344	0,143	1,1
C=O	sp^2	708	0,121	2,40
C-Cl	sp^3	331	0,176	2,05
C-Br	sp^3	277	0,194	2,04
C-N	sp^3	293	0,147	0,4
O-H	-	460	0,096	1,51
N-H	-	390	0,101	1,4

Контрольная работа

1. Что такое электроотрицательность атома?

- отрицательный заряд атома в молекуле
- сродство к электрону
- способность атома переходить в возбужденное состояние
- способность атома удерживать валентные электроны и притягивать электроны других атомов
- потенциал ионизации атома

Элемент	K	Na	Li	Mg	H	S	C	I	Br	Cl	N	O	F
χ	0.8	0.9	1.0	1.2	2.1	2.5	2.5	2.5	2.8	3.0	3.0	3.5	4.0

Контрольная работа

2. Как изменяется электроотрицательность элементов в Периодической системе?


- с увеличением порядкового номера атома уменьшается в периоде и увеличивается в группе
- с увеличением порядкового номера атома увеличивается в периоде и уменьшается в группе
- с увеличением порядкового номера атома увеличивается в периоде и в группе
- не подчиняется Периодическому закону

Элемент	K	Na	Li	Mg	H	S	C	I	Br	Cl	N	O	F
χ	0.8	0.9	1.0	1.2	2.1	2.5	2.5	2.5	2.8	3.0	3.0	3.5	4.0


Контрольная работа

3. В каком порядке увеличивается электроотрицательность следующих элементов: C, N, P, Br ?

 $C < N < P < Br$

 $C < P < N < Br$

 $C < Br < P < N$

 $P < C < Br < N$

Элемент	K	Na	Li	Mg	H	S	C	I	Br	Cl	N	O	F
χ	0.8	0.9	1.0	1.2	2.1	2.5	2.5	2.5	2.8	3.0	3.0	3.5	4.0

Контрольная работа

4. Укажите соединения, в которых имеются:

а) только ковалентные связи;

б) ковалентные и ионные.

А. CH_3Cl Б. CH_3NH_2

В. MgF_2 Г. CH_3ONa



а) соединения А, Г;

б) соединение Б



а) соединения А, Б, В, Г;

б) нет



а) соединения А, Б;

б) соединения В, Г

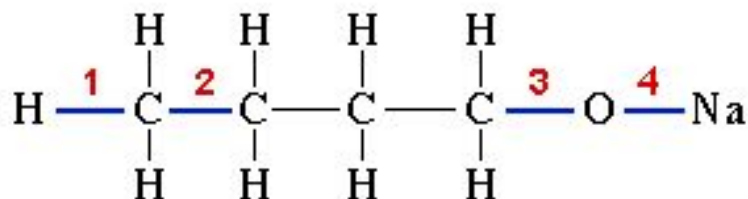


а) соединения А, Б;

б) соединение Г

Контрольная работа

5. Укажите тип связей в молекуле:



Связь

– ионная

Связь

– ковалентная слабополярная

Связь

– ковалентная полярная

Связь

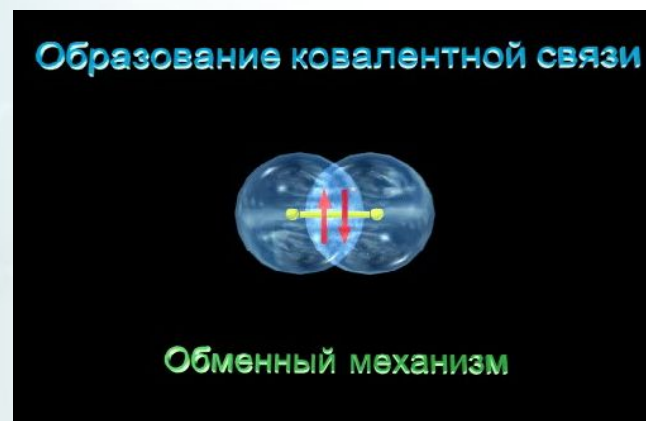
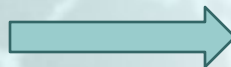
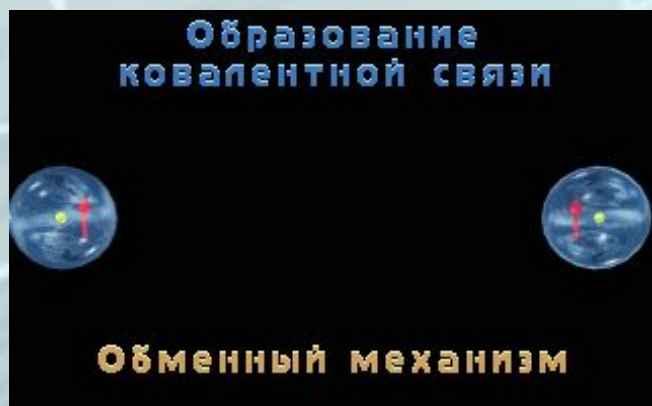
– ковалентная неполярная

Механизмы образования связи

- Связь между атомами возникает при перекрывании их атомных орбиталей с образованием молекулярных орбиталей (МО).
- Различают два механизма образования ковалентной связи:
 - обменный;
 - донорно-акцепторный

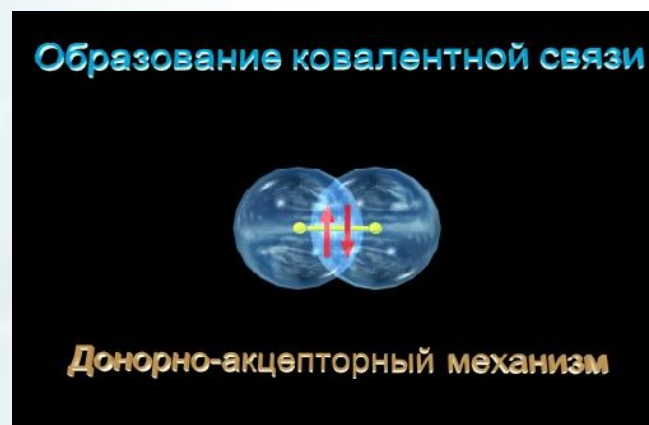
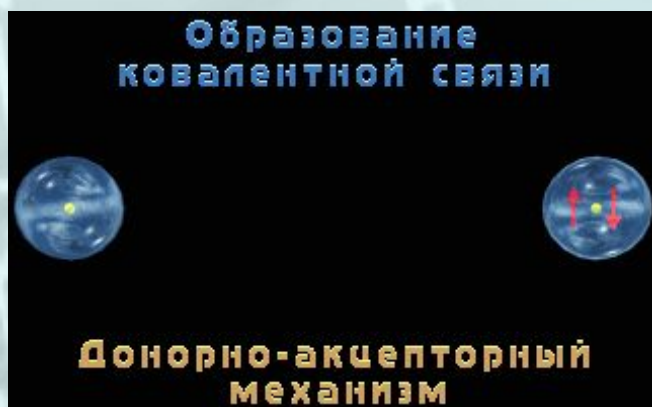
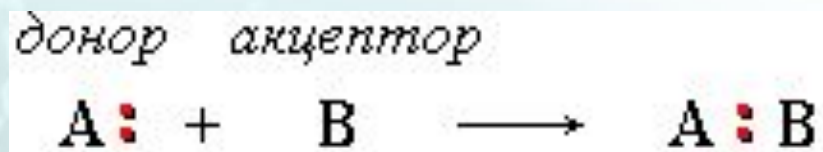
ОБМЕННЫЙ МЕХАНИЗМ

в образовании связи участвуют одноэлектронные атомные орбитали, т.е. каждый из атомов предоставляет в общее пользование по одному электрону:



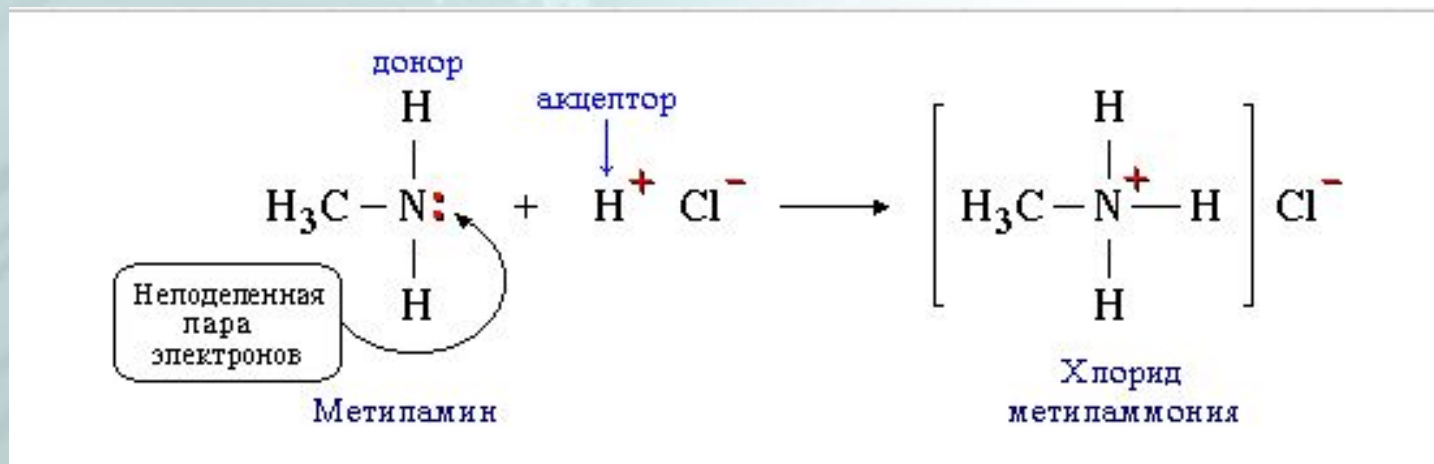
ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫЙ

образование связи происходит за счет пары электронов атома-донора и вакантной орбитали атома-акцептора:



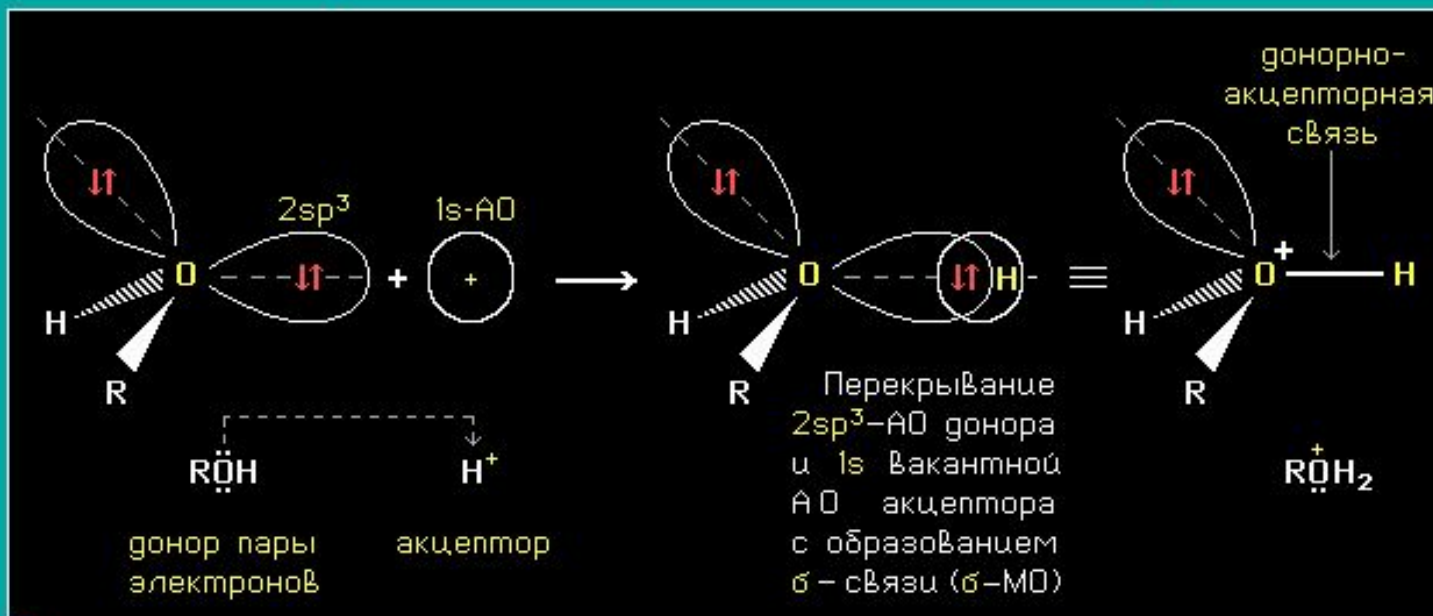
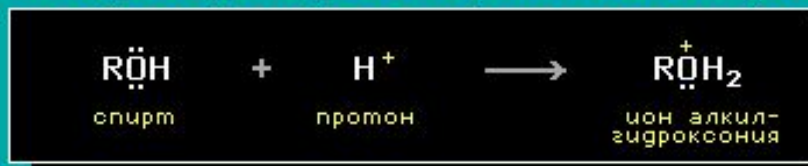
Донорно-акцепторные связи

- Ковалентная связь, образуемая за счет пары электронов одного из атомов, т.е. по донорно-акцепторному механизму, называется **донорно-акцепторной**



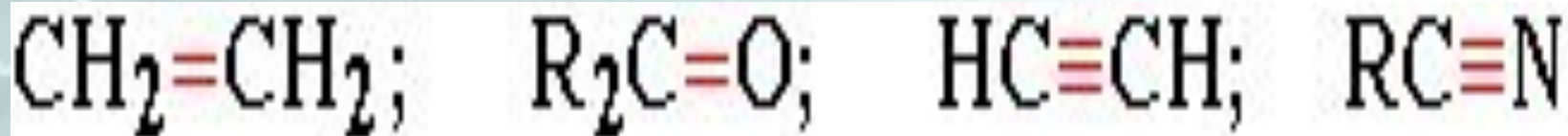
- Донорно-акцепторная связь отличается только способом образования; по свойствам она одинакова с остальными ковалентными связями**

Образование донорно-акцепторной связи на примере протонирования спирта



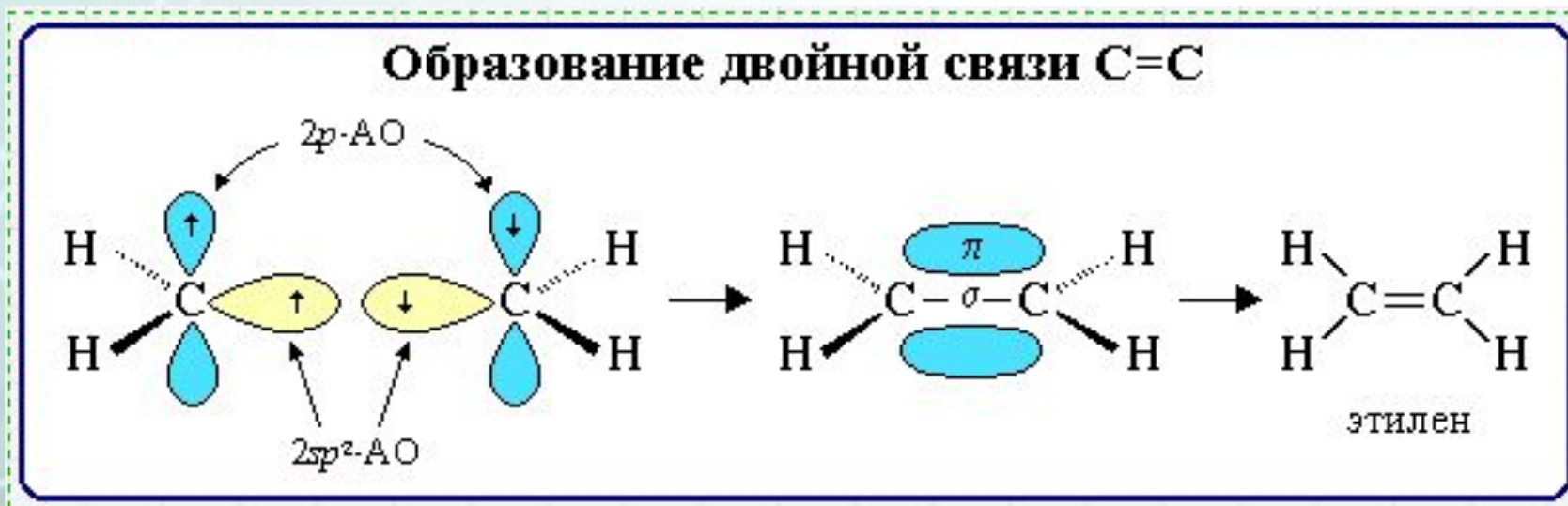
Кратные связи

- образуются при обобществлении двумя атомами более чем одной пары электронов:
- $H_2C : : CH_2;$ $R_2C : : O;$
- $HC : : : CH;$ $RC : : : N$



Кратные связи

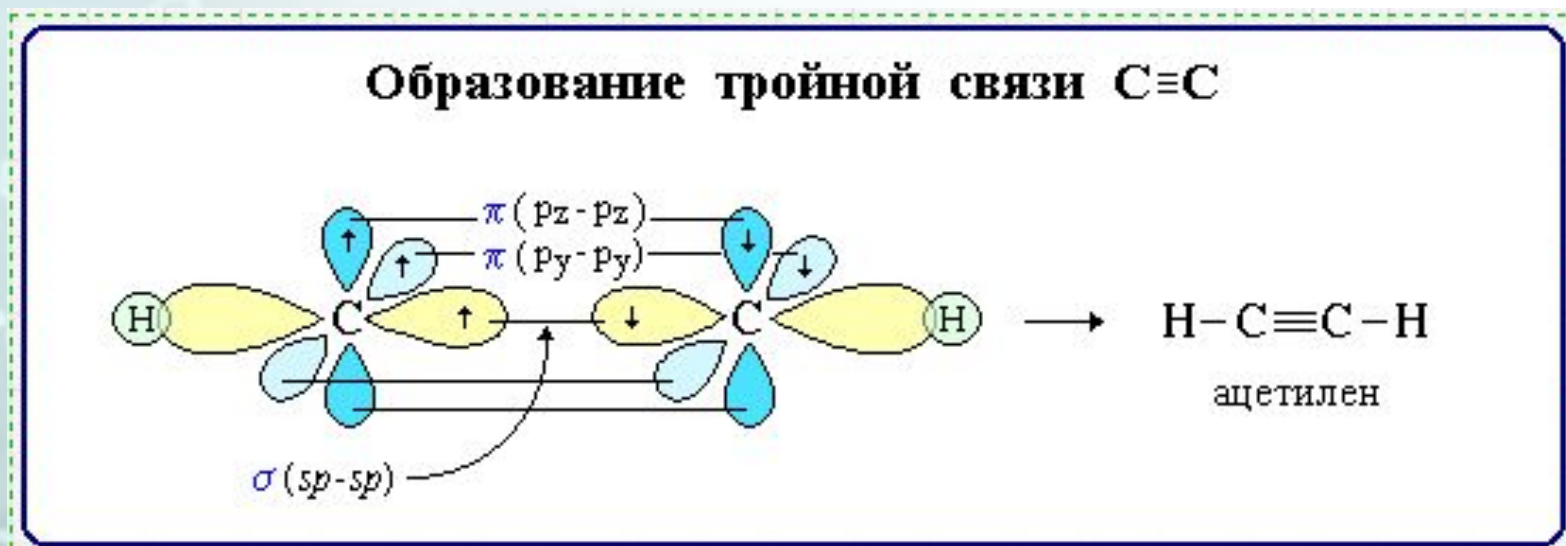
- являются сочетанием σ - и π -связей



Двойная связь состоит из одной σ - и одной π -связей и осуществляется 4-мя общими электронами

Кратные связи

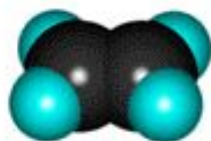
- являются сочетанием σ - и π -связей



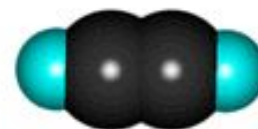
Тройная связь является комбинацией из одной σ - и двух π -связей и включает в себя шесть электронов

Кратные связи

- Число электронных пар, участвующих в образовании ковалентной связи называется *порядком связи*.
- порядок простой связи равен 1,
- двойной - 2,
- тройной - 3



Модель этилена
 $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$



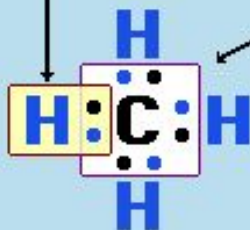
Модель ацетилена
 $\text{HC}\equiv\text{CH}$

Электронные формулы молекул

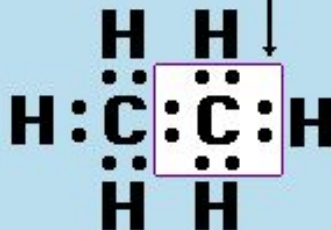
- Для изображения электронного строения молекул, ионов или радикалов используются электронные формулы (структуры Льюиса)

Точки между атомами означают связывающие пары электронов (химическую связь). К несвязывающим относятся электроны неподеленных пар и неспаренные электроны.

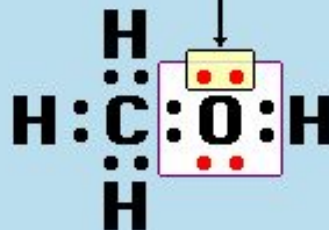
В оболочке атома Н 2 электрона



Внешняя оболочка содержит 8 электронов



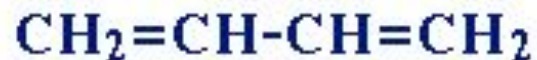
Неподеленная пара электронов



Делокализованные π -связи. Сопряжение

- связь, электронная пара которой рассредоточена между *несколькими* (более 2) ядрами атомов

Сопряженная система



делокализованные π -связи

Несопряженная система



локализованные π -связи

Делокализованные π -связи

- Рассредоточение электронов - энергетически выгодный процесс, т.к. приводит к снижению энергии молекулы

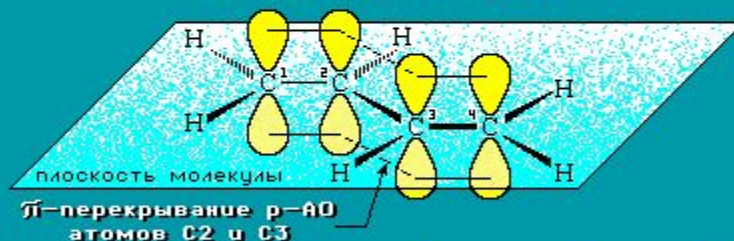
Делокализация π -связей в молекуле бутадиена-1,3

Гипотетическая структура молекулы с локализованными π -связями:



длина связи \rightarrow 0,133 нм 0,154 нм 0,133 нм

Делокализация π -связей:

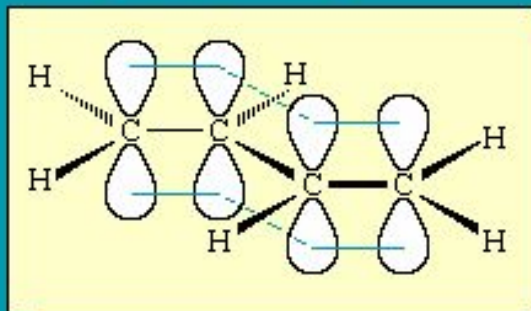


длина связи \rightarrow 0,135 нм 0,148 нм 0,135 нм

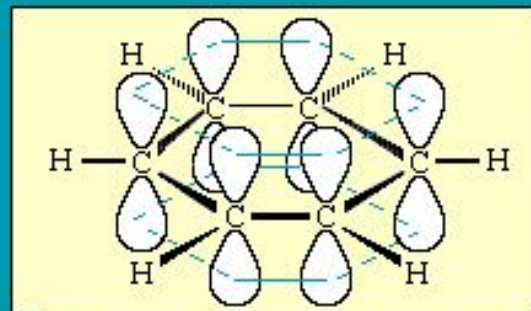
Реальная структура молекулы с делокализованными π -связями

Делокализованные π -связи

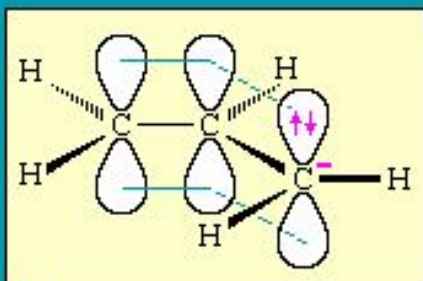
Атомно-орбитальные модели молекул, ионов, радикалов с делокализованными связями



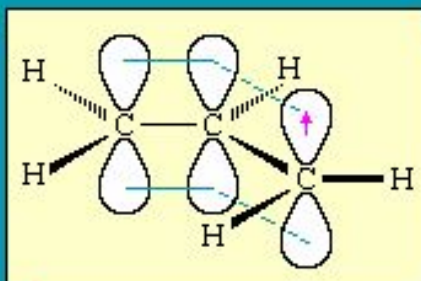
$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$
бутадиен-1,3



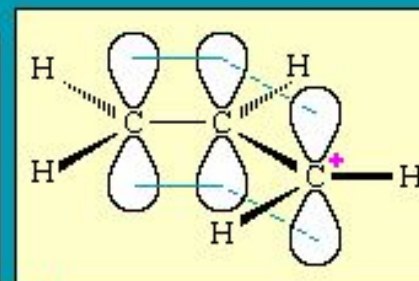
C_6H_6
бензол



$\text{CH}_2 = \text{CH} - \overset{\ominus}{\text{C}}\text{H}_2$
аллил-анион

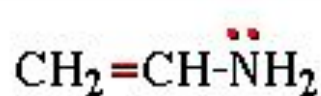


$\text{CH}_2 = \text{CH} - \dot{\text{C}}\text{H}_2$
аллил-радикал

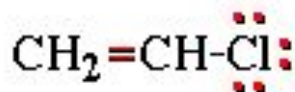


$\text{CH}_2 = \text{CH} - \overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}_2$
аллил-катион

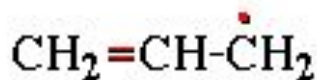
Система сопряжения может быть открытой или замкнутой



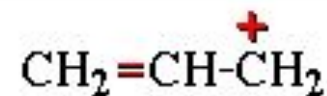
(I)



(II)



(III)



(IV)

СИСТЕМЫ С
ОТКРЫТОЙ ЦЕПЬЮ
СОПРЯЖЕНИЯ



СИСТЕМЫ С
ЗАМКНУТОЙ ЦЕПЬЮ
СОПРЯЖЕНИЯ



Бензол

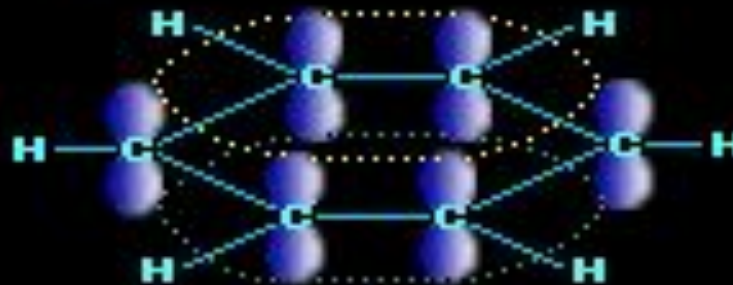
Делокализация (сопряжение)
 π -связей в молекуле бензола



Структура
бензола
с локальными
 π -связями



Структура
с делокали-
зованными
 π -связями



Делокализация
 π -электронов

Водородные связи (Н-связи)

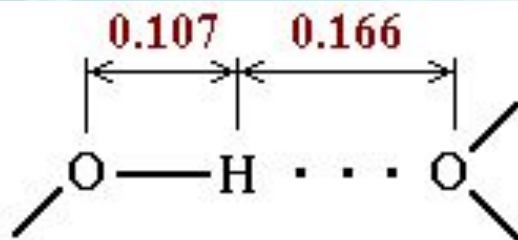
- Атом водорода, связанный с электроотрицательным элементом (азотом, кислородом, фтором и др.), испытывает недостаток электронов и способен взаимодействовать с неподелённой парой электронов другого электроотрицательного атома.
- В результате возникает водородная связь, которая графически обозначается тремя точками:



Водородные связи (Н-связи)

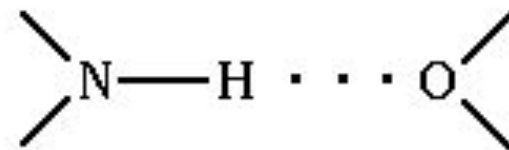
- Эта связь значительно слабее других химических связей (энергия ее образования 10-40 кДж/моль) и в основном определяется электростатическим и донорно-акцепторным взаимодействиями:

Длина связи, нм:



Энергия связи:

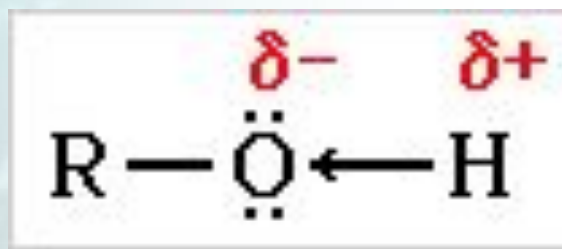
25 кДж/моль



10 кДж/моль

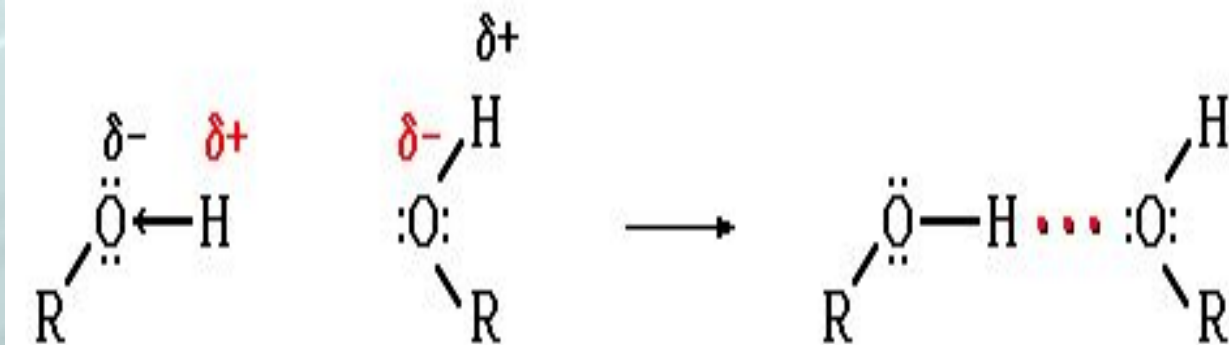
Образование водородных связей

- В молекуле спирта R-O-H химическая связь между атомом водорода и более электроотрицательным атомом кислорода весьма полярна. Водород имеет частичный положительный заряд ($\delta+$), а кислород - частичный отрицательный ($\delta-$):



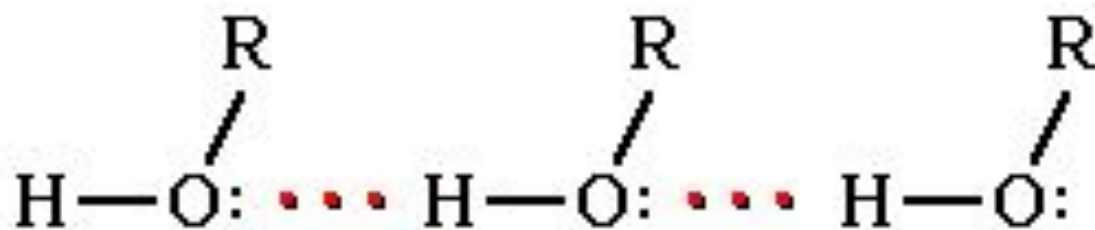
Образование водородных связей

- Следовательно, возможно образование водородных связей между молекулами спирта:



Образование водородных связей

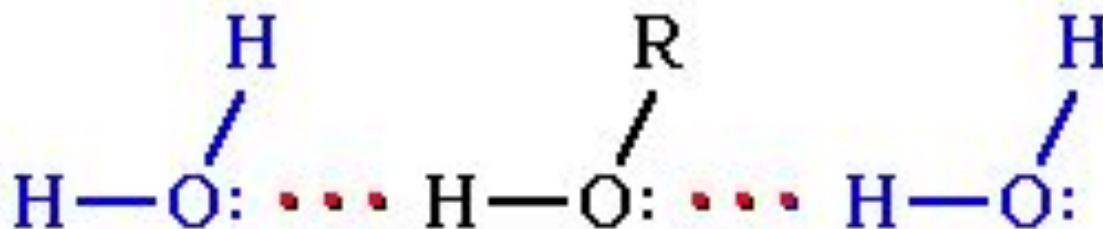
- Это приводит к ассоциации молекул и объясняет относительно высокую $t_{\text{кип}}$ спиртов:



Ассоциация молекул спирта

Образование водородных связей

- В присутствии воды возникают водородные связи между молекулами спирта и воды:



Гидратация молекул спирта

Влияние водородных связей на свойства веществ

- Межмолекулярные водородные связи обуславливают ассоциацию молекул, что приводит к повышению температур кипения и плавления вещества.
- Например, этиловый спирт C_2H_5OH , способный к ассоциации, кипит при $+78,3^{\circ}C$, а диметиловый эфир CH_3OCH_3 , не образующий водородных связей, лишь при $24^{\circ}C$ (молекулярная формула C_2H_6O).

Влияние водородных связей на свойства веществ

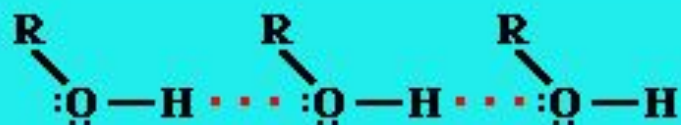
- Образование Н-связей с молекулами растворителя способствует улучшению растворимости.
- Так, метиловый и этиловый спирты (CH_3OH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), образуя Н-связи с молекулами воды, неограниченно в ней растворяются.

Влияние водородных связей на свойства веществ

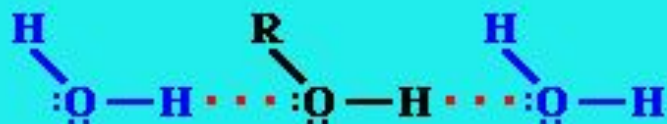
- **Внутримолекулярная водородная связь образуется при благоприятном пространственном расположении в молекуле соответствующих групп атомов и специфически влияет на свойства.**
- **Например, Н-связь внутри молекул салициловой кислоты повышает ее кислотность.**

Влияние водородных связей на свойства веществ

Межмолекулярные водородные связи

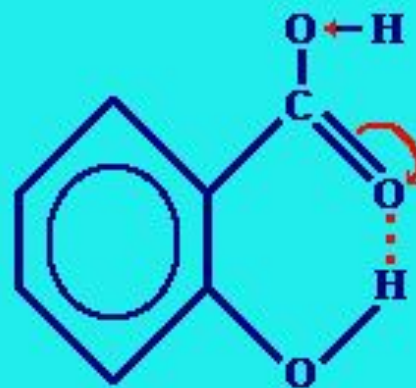


Ассоциация молекул спирта
(повышение т.кип. и т.пл.)



Гидратация молекул спирта
(улучшение растворимости)

Внутримолекулярная водородная связь

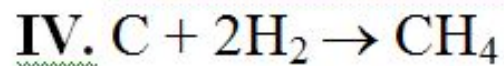
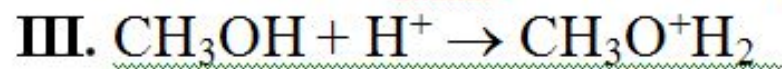
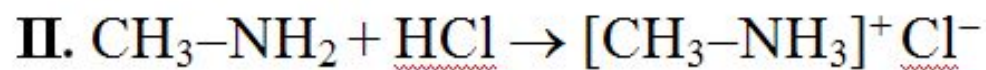
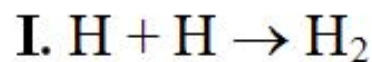


Салициловая кислота
(легкость отрыва H⁺)

Контрольная работа

В каких случаях ковалентная связь образуется:

- а) по донорно-акцепторному механизму;
- б) по обменному механизму?



Ответ 1 : а) II, III; б) I, IV

Ответ 2 : а) I, IV; б) II, III

Ответ 3 : а) II, III, IV; б) I

Ответ 4 : а) II; б) I, III, IV

Контрольная работа

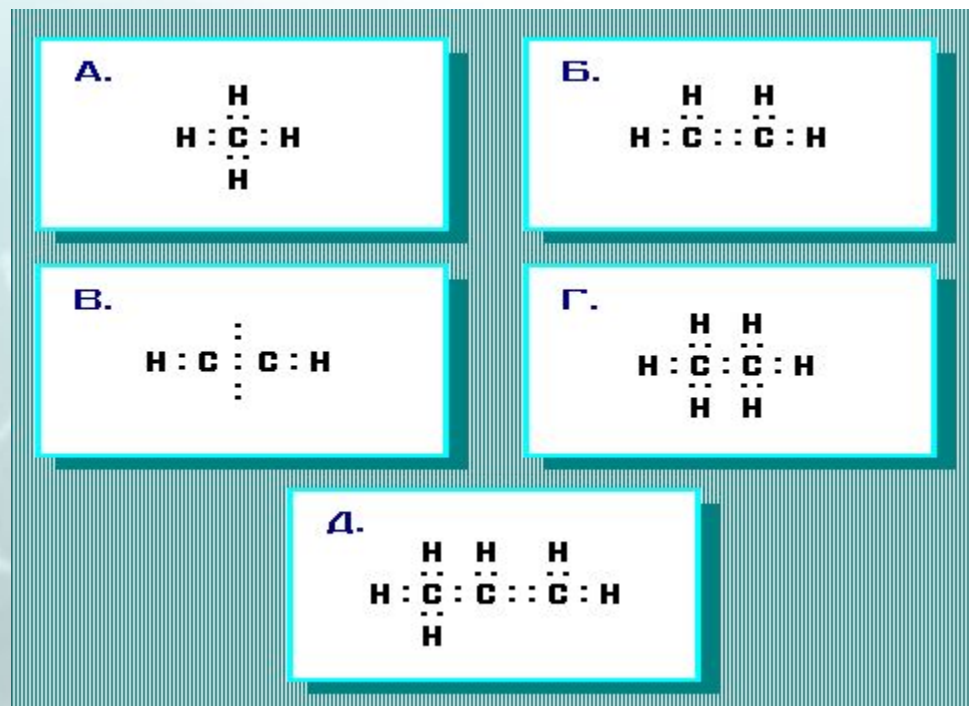
- Какие электронные формулы соответствуют соединениям с кратными связями?

Ответ 1 : А, Г

Ответ 2 : А, Б

Ответ 3 : Б, В, Г, Д

Ответ 4 : Б, В, Д



Контрольная работа

■ В каких молекулах имеются делокализованные π -связи?



■ Ответ 1 : а, б

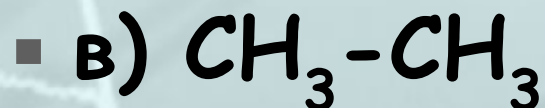
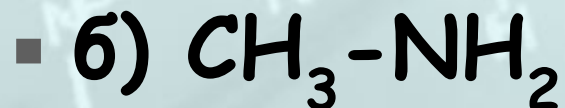
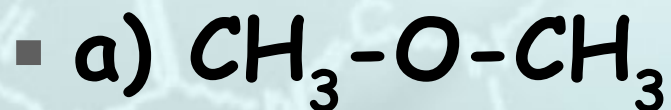
Ответ 2 : б, в

Ответ 3 : б

Ответ 4 : а

Контрольная работа

- Укажите соединения, в которых есть атомы водорода, способные к образованию водородной связи:



- Ответ 1 : а, г

- Ответ 2 : б, г

- Ответ 3 : а, б, г

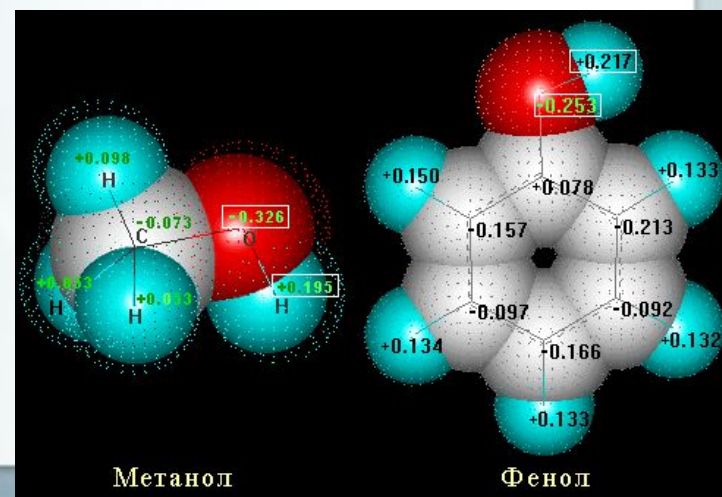
- Ответ 4 : б, в, г

Взаимное влияние атомов

- Взаимное влияние атомов в молекуле, ионе, радикале осуществляется под влиянием электронных и пространственных эффектов.
- Это позволяет определить реакционную способность органических соединений.

Заместители -

любой атом (кроме водорода), который непосредственно не участвует в реакции, но оказывает влияние на реагирующую часть молекулы: на положение и активность реагирующего центра.



Электронные эффекты

Смещение электронной плотности в молекуле, ионе, радикале под влияние заместителей, подразделяются на:

- электронодонорные;
- электроноакцепторные.

Электронодонорные заместители

- атомная группировка (или атом), повышающая электронную плотность на остальной части молекулы

Электроноакцепторные заместители

- атомная группировка (или атом), понижающая электронную плотность на связанном с ним углеводородном фрагменте

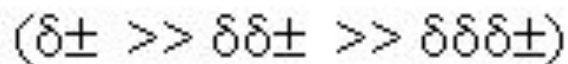
Электроноакцепторные заместители

Два вида влияний заместителей:

- индуктивный эффект ($\pm I$);
- мезомерный эффект ($\pm M$).
- В зависимости от смещения плотности различают положительные и отрицательные эффекты.

Индуктивный эффект

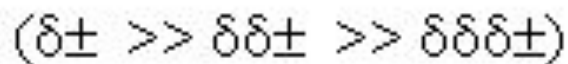
- Передача по цепи сигма-связей электронного влияния заместителей, которое обусловлено различиями в электроотрицательности атомов



X, Y - заместители

Индуктивный эффект

- Направление смещения электронной плотности σ -связей обозначается стрелками и символами частичных зарядов ($\delta+$ или $\delta-$)



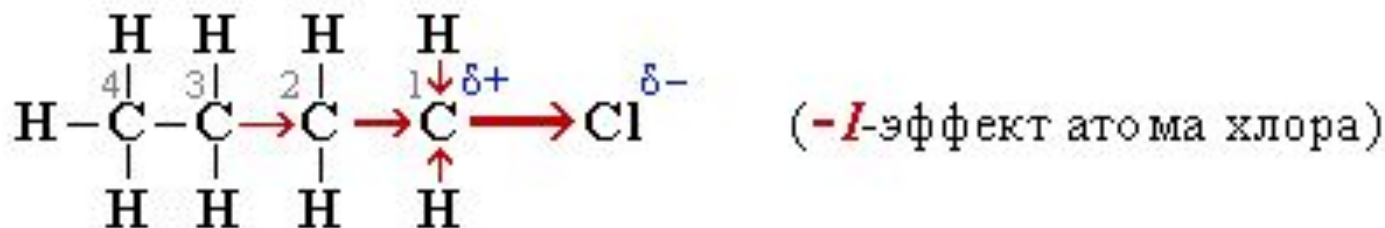
X, Y - заместители

Индуктивный эффект

- Из-за слабой поляризуемости σ -связей I-эффект быстро ослабевает с удалением заместителя и через 3-4 связи практически равен нулю.
- В зависимости от смещения наблюдают положительные +I-эффекты и отрицательные -I-эффекты.
- I-эффект водорода равен нулю.

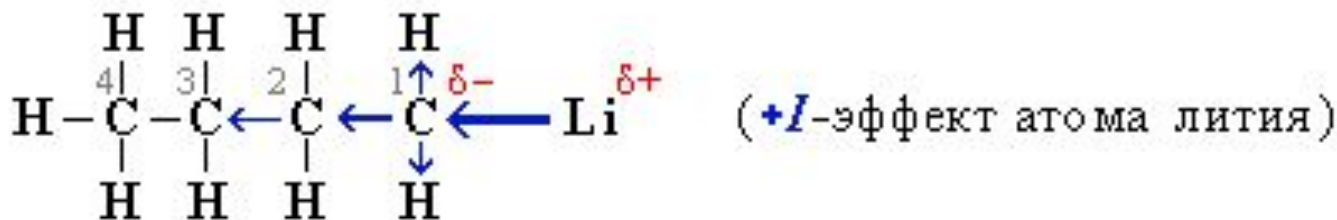
-I-эффект

- Проявляет заместитель, уменьшающий электронную плотность
- Заместитель приобретает частичный отрицательный заряд, атом углерода – положительный.



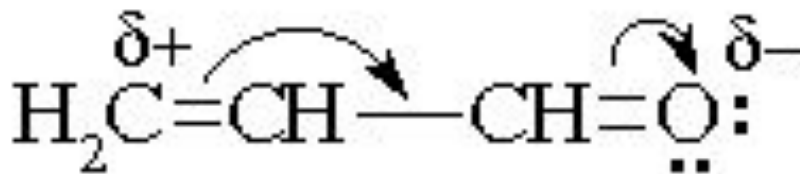
+I-эффект

- Проявляет заместитель, увеличивающий электронную плотность
- Заместитель приобретает частичный положительный заряд, атом углерода - отрицательный.



Мезомерный эффект

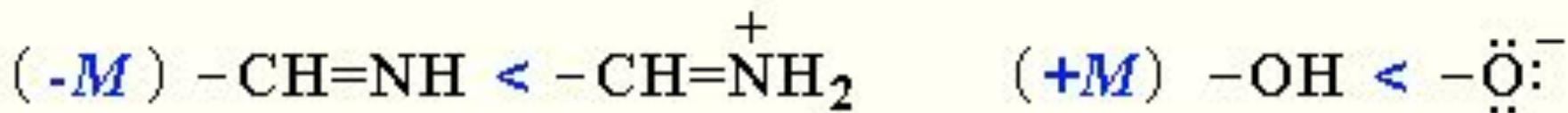
- Передача электронного влияния заместителей по сопряжённой π -системе.
- Благодаря подвижности π -электронов передаётся по цепи без затухания



Правила определения величины и знака M-эффекта

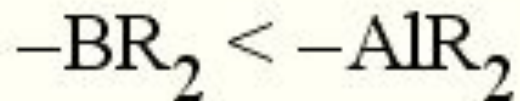
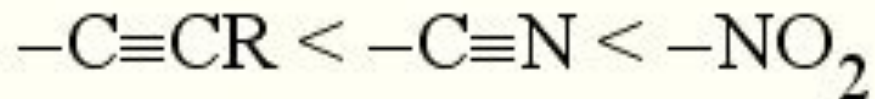
Правило 1.

- Величина М-эффекта растет с увеличением заряда заместителя.
- Ионы проявляют наиболее сильный М-эффект:

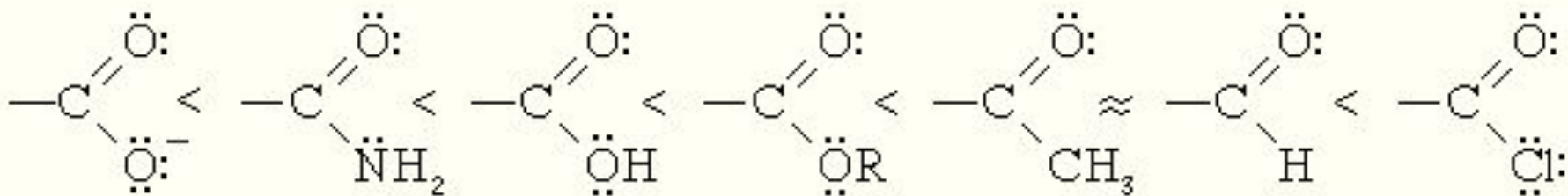


Правило 2

- M-эффект заместителей тем сильнее, чем больше электроотрицательность имеющихся в заместителе элементов:



Правило 3



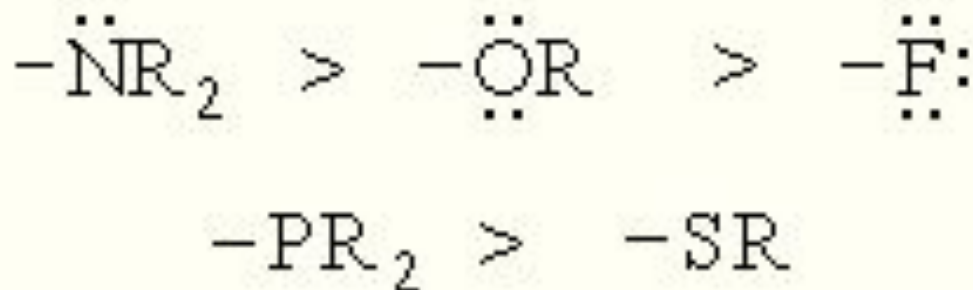
- Группа $\text{C}=\text{O}$ в этом случае связана с группировками, $+M$ -эффект которых в ряду O^- , NH_2 , OH , OR уменьшается и, наконец, для CH_3 и H - равен нулю.

Правило 3

- В хлорацильной группе $-C(O)Cl$ атом хлора проявляет $+M$ -эффект, однако он значительно слабее $-I$ -эффекта
- мезомерное взаимодействие невелико вследствие относительно малой степени перекрывания существенно различающихся орбиталей - $2p$ -АО sp^2 -гибридизованного атома углерода и $3p$ -АО хлора

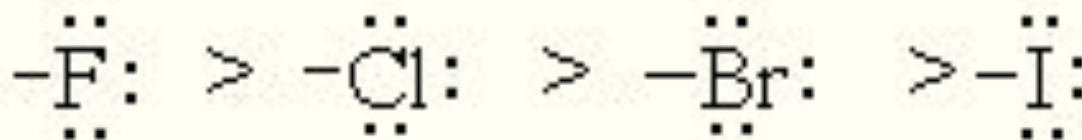
Правило 4

- **+M-эффект заместителя тем сильнее, чем меньше электроотрицательность гетероатома, входящего в его состав:**



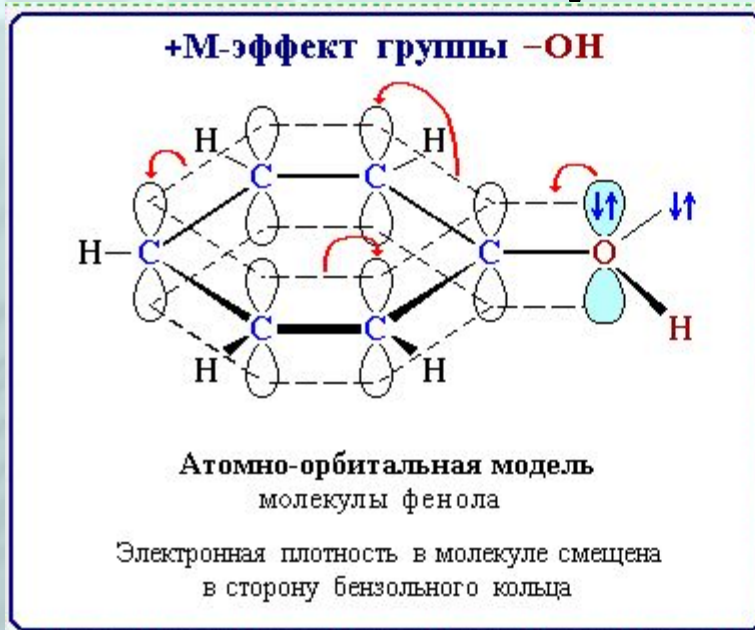
Правило 4

- Исключение составляют галогены:



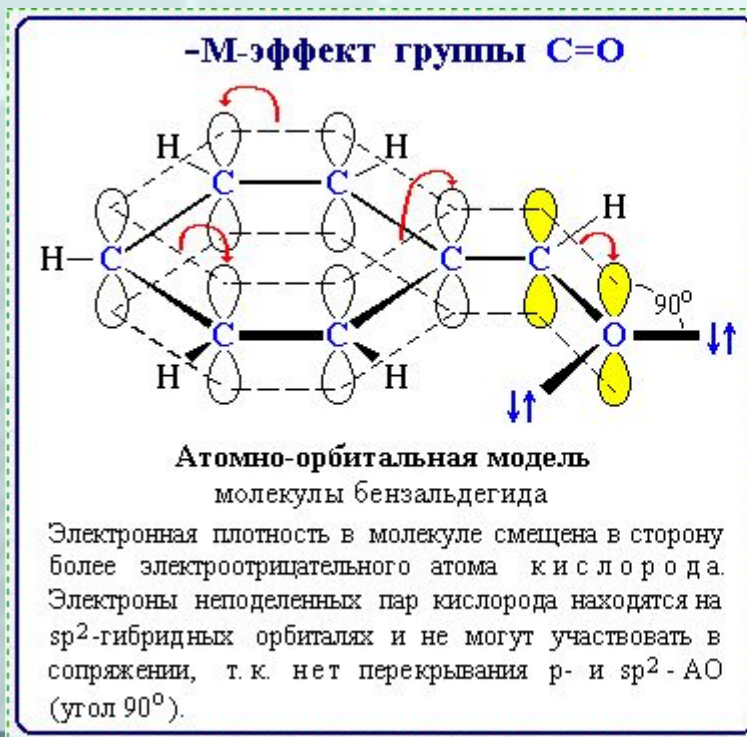
+M-эффект

- Характерен для групп: $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OR}$.
- В молекуле фенола $\text{C}_6\text{H}_5-\text{OH}$ группа OH проявляет +M-эффект за счёт неподелённых пар кислорода:



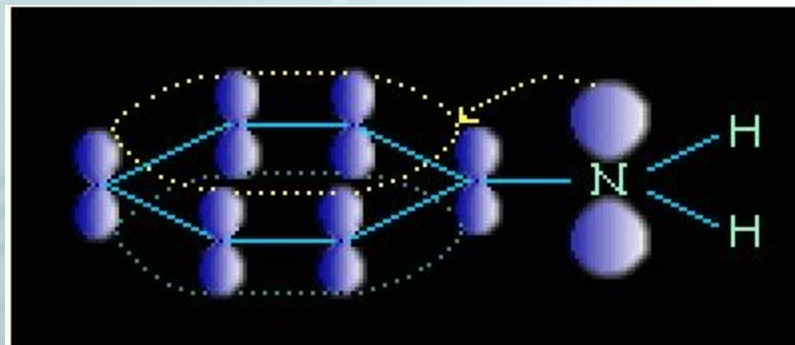
-M-эффект

- Характерен для групп COH , COOH , NO_2 .
- В молекуле фенола $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COH}$ пи-орбиталь расположена перпендикулярно



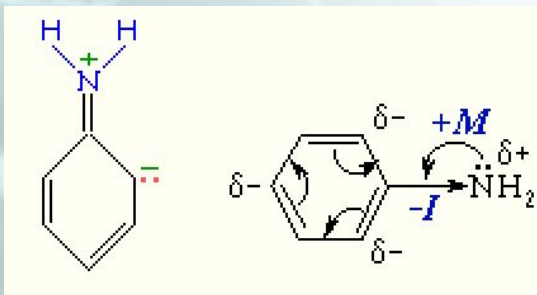
Суммарный электронный эффект

- В случае противоположной направленности индуктивного и мезомерного эффектов общее действие заместителя определяется более сильным эффектом.



Суммарный электронный эффект

- в молекуле анилина аминогруппа NH_2 одновременно проявляет $-I$ -эффект (за счет большей электроотрицательности атома азота по сравнению с углеродом) и $+M$ -эффект (за счет участия неподеленной пары электронов в системе p -сопряжения):



Суммарный электронный эффект

З а м е с т и т е л ь	Электронные эффекты		Суммарный эффект **
	индуктивный	мезомерный	
Алкильные группы (R)	+I	слабый +M*	донор
-NH ₂ , -NHR, -NR ₂	-I	+M (больше, чем -I)	донор
-OH	-I	+M (больше, чем -I)	донор
-OR	-I	+M (больше, чем -I)	донор
Галогены	-I	+M (меньше, чем -I)	акцептор
-NO ₂	-I	-M	акцептор
>C=O	-I	-M	акцептор
-COOH	-I	-M	акцептор
-SO ₃ H	-I	-M	акцептор

* Если алкильная группа содержит C-H-связи, способные к сверхсопряжению.

** Для заместителя при атоме углерода в сопряженной системе.

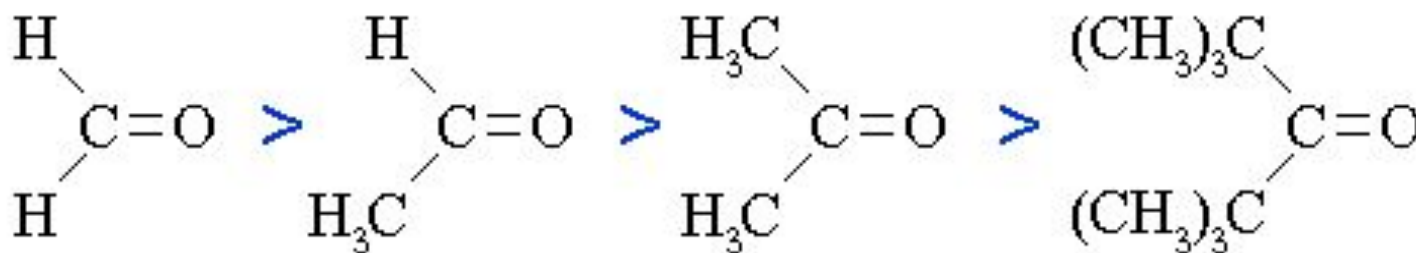
08.09.2017

Пространственные эффекты

- (стерические) эффекты определяют доступность реакционных центров в молекуле.
- Объёмные группы могут блокировать центры в молекуле и снижать её реакционную способность.

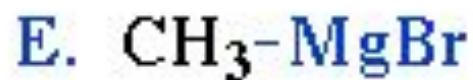
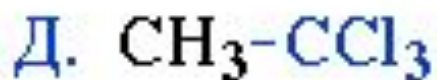
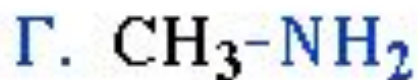
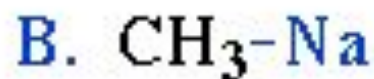
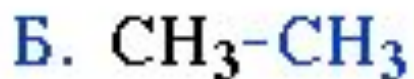
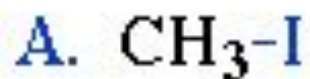
Пространственные эффекты

- Скорость реакции присоединения по C=O-группе снижается в ряду:



1. Контрольная работа

Укажите соединения, в которых заместитель проявляет *-I-эффект* по отношению к метильной группе:



А, Б, Г, Д



Б, В, Д, Е



Б, Г, Е



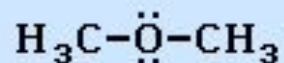
А, Г, Д



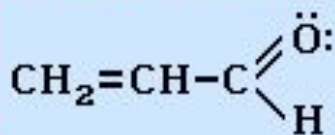
Б, Д, Е

2. Контрольная работа

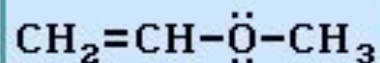
В каком случае атом кислорода вызывает *-M-эффект*?



1



2



3



4

Углеводороды

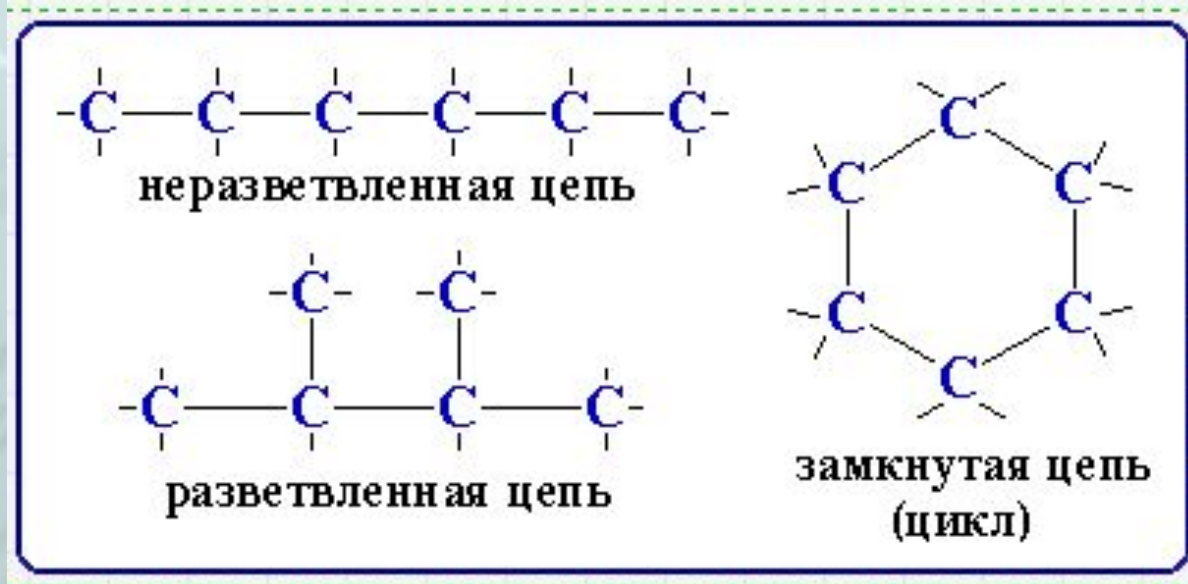
- органические соединения, в состав которых входят только два элемента: углерод и водород.

- CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_6H_6 , C_8H_{10} и т.п.

В общем виде - C_xH_y .

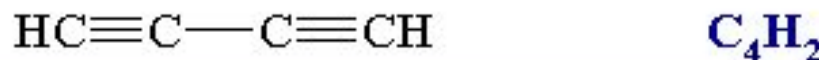
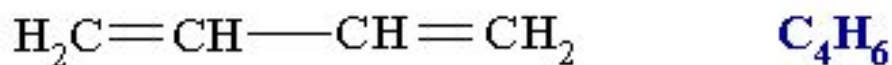
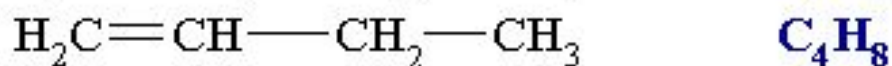
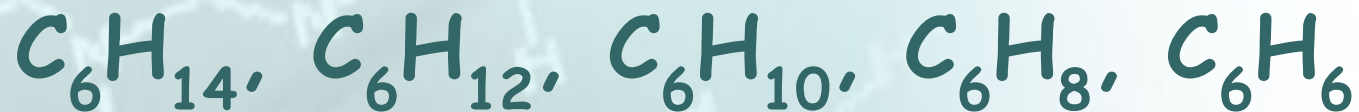
Многообразие углеводородов

- атомы углерода способны соединяться между собой в цепи различного строения:



Многообразие углеводородов

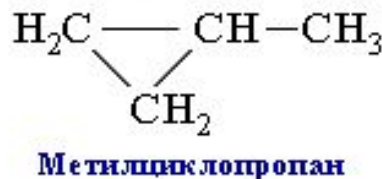
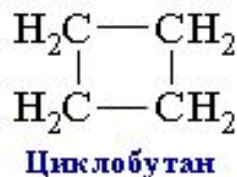
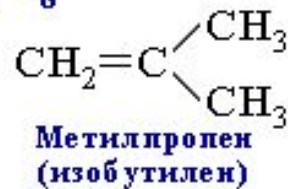
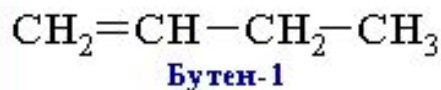
- даже при одинаковом количестве атомов углерода в молекулах углеводороды могут отличаться числом атомов водорода:



Многообразие углеводородов

- одному и тому же элементному составу молекул (одной молекулярной формуле) может соответствовать несколько различных веществ - изомеров:

Изомеры C_4H_8



Многообразие углеводов

Классификацию углеводов проводят по следующим структурным признакам, определяющим свойства этих соединений:

- строение углеродной цепи (углеродного скелета);
- наличие в цепи кратных связей $C=C$ и $C\equiv C$ (степень насыщенности)

Классификация углеводов

1. В зависимости от строения углеродной цепи углеводы подразделяют на две группы:

- ациклические или алифатические;
- циклические

Классификация углеводов

Среди циклических углеводов выделяют:

- алициклические (т.е. алифатические циклические);
- ароматические (арены).

В этом случае классификационным признаком служит строение цикла.

Классификация углеводов

2. По степени насыщенности различают:

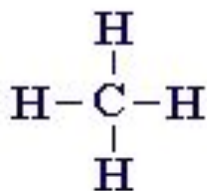
- насыщенные (предельные) углеводороды (алканы и циклоалканы);
- ненасыщенные (непредельные), содержащие наряду с одинарными связями С-С двойные и/или тройные связи (алкены, алкадиены, алкины, циклоалкены, циклоалкины)

Классификация углеводородов

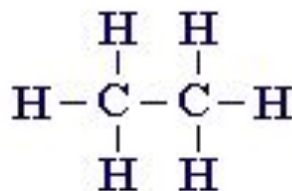


Алканы

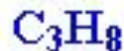
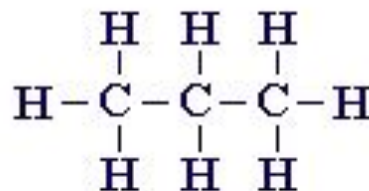
- алифатические (ациклические) предельные углеводороды, в которых атомы углерода связаны между собой простыми (одинарными) связями в неразветвленные или разветвленные цепи:



метан



этан



пропан

*структурные
формулы*

*молекулярные
формулы*

названия

Алканы

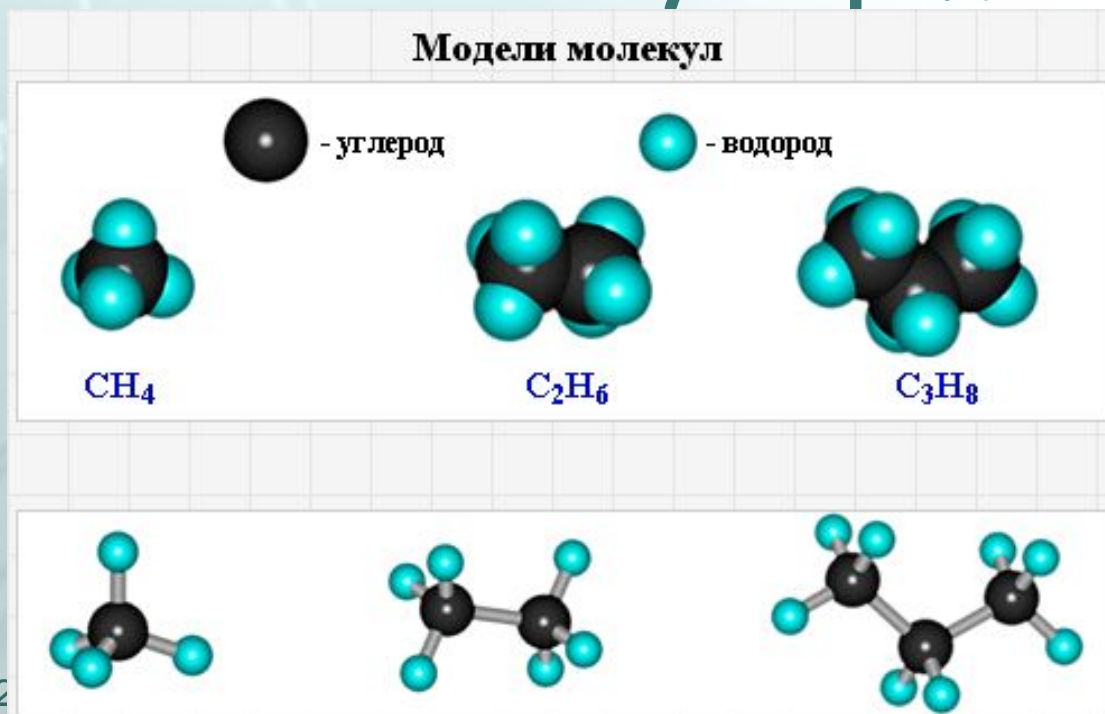
- *Алканы* – название предельных углеводородов по международной номенклатуре.

Парафины – исторически сложившееся название, отражающее свойства этих соединений.

Предельными, или насыщенными, эти углеводороды называют в связи с полным насыщением углеродной цепи атомами водорода.

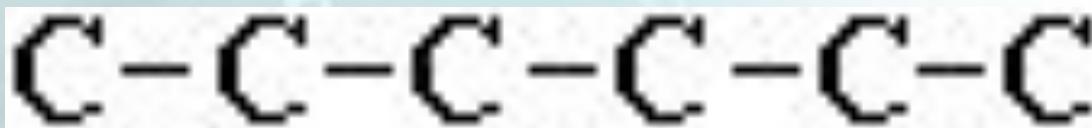
Алканы

- углеводороды, состав которых выражается общей формулой C_nH_{2n+2} , где n – число атомов углерода



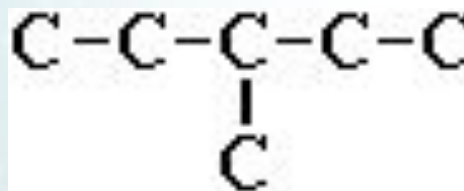
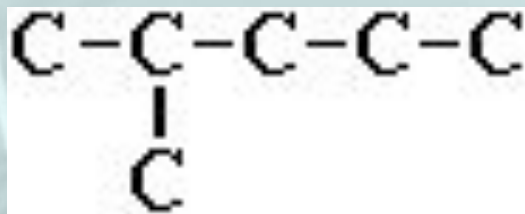
Приемы построения структурных формул изомеров

- 1. Сначала изображаем молекулу линейного изомера (ее углеродный скелет) на примере алкана C_6H_{14} :



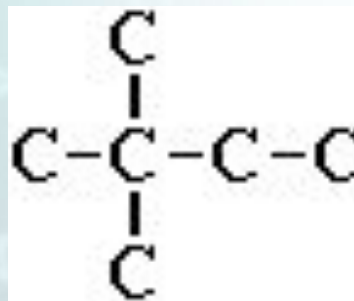
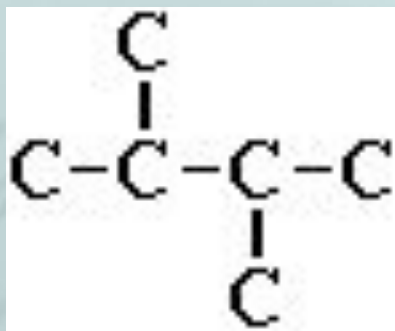
Приемы построения структурных формул изомеров

- 2. Затем цепь сокращаем на 1 атом углерода и этот атом присоединяем к какому-либо атому углерода цепи как ответвление от нее, исключая крайние положения:



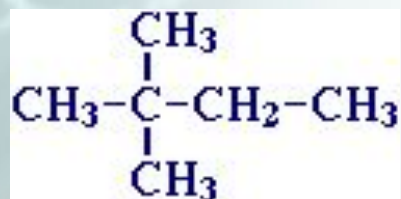
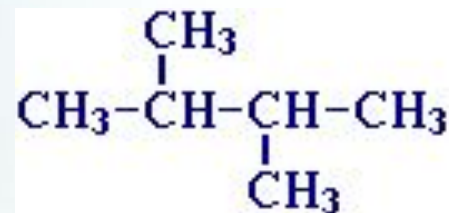
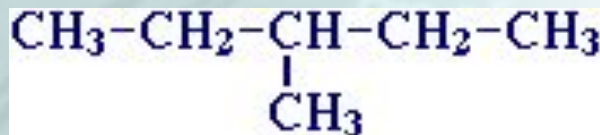
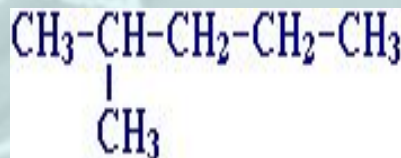
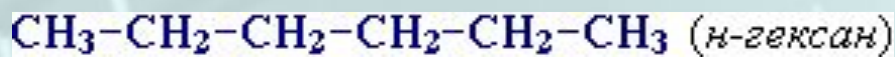
Приемы построения структурных формул изомеров

- 3. Когда все положения основной цепи исчерпаны, сокращаем цепь еще на 1 атом углерода
- Теперь в боковых ответвлениях разместятся 2 атома углерода:



Приемы построения структурных формул изомеров

- 4. После построения углеродного скелета изомера необходимо дополнить все углеродные атомы в молекуле связями с водородом - C_6H_{14} соответствует 5 изомеров :



Номенклатура

- Номенклатура органических соединений – система правил, позволяющих дать однозначное название каждому индивидуальному веществу.
- В настоящее время общепринятой является систематическая номенклатура ИЮПАК (*IUPAC - International Union of the Pure and Applied Chemistry - Международный союз теоретической и прикладной химии*)

Радикалы

- Радикалы подразделяются на **первичные, вторичные и третичные:**

Алкан	Радикал	Название радикала
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ <i>н-бутан</i>	$-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	<i>н-бутил</i>
	$-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	<i>втор-бутил</i>
$\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_3$ <i>изобутан</i>	$-\text{CH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_3$	<i>изобутил</i>
	$-\text{C}(\text{CH}_3)_3$	<i>трет-бутил</i>

Правила построения названий

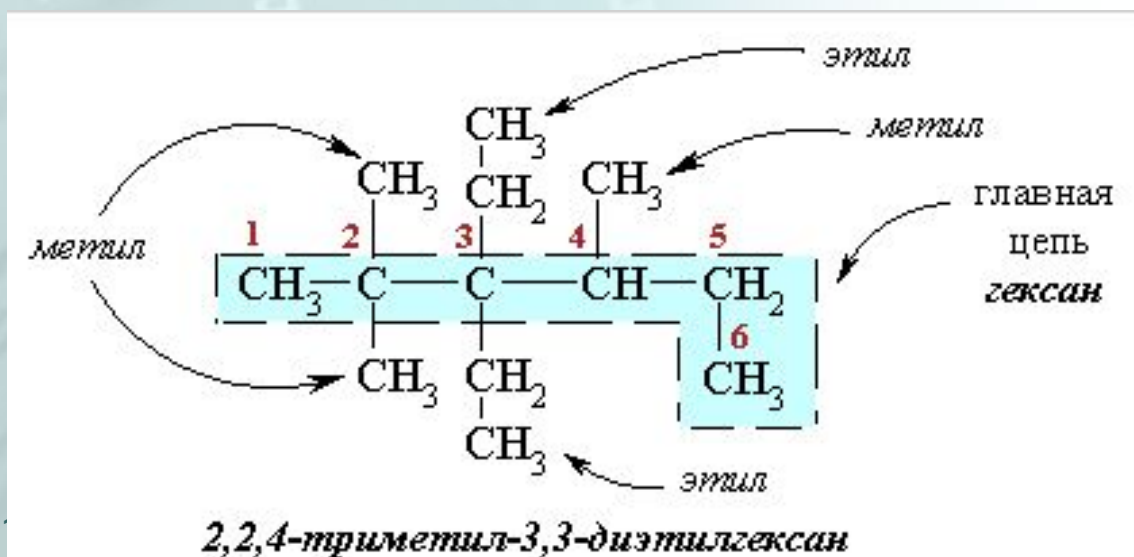
- 1. Для простейших алканов (C_1 - C_4) приняты тривиальные названия: метан, этан, пропан, бутан, изобутан.
- 2. Начиная с пятого гомолога, названия нормальных (неразветвленных) алканов строят в соответствии с числом атомов углерода, используя греческие числительные и суффикс -ан: пентан, гексан, гептан, октан, нонан, декан и т. д.

Правила построения названий

- **3. В основе названия разветвленного алкана лежит название входящего в его конструкцию нормального алкана с наиболее длинной углеродной цепью.**
- **При этом углеводород с разветвленной цепью рассматривают как продукт замещения атомов водорода в нормальном алкане углеводородными радикалами.**

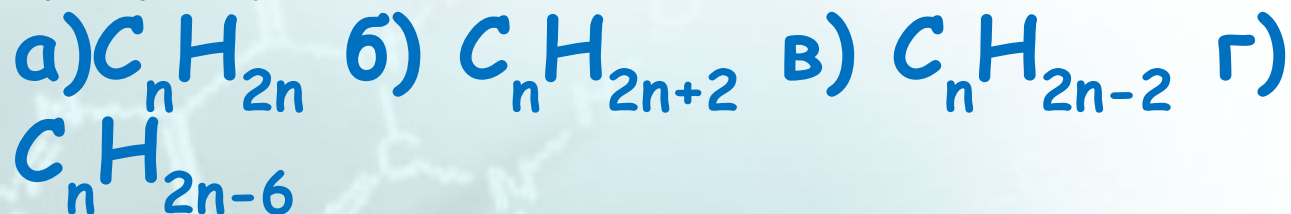
Правила построения разветвлённых алканов

- корень+суффикс - название нормального алкана, приставки - цифры и названия углеводородных радикалов.
- Пример построения названия:



1. Контрольная работа

1. Состав алканов отражает общая формула . . .



Варианты ответов (выберите правильный):

Ответ 1: формула а

Ответ 2: формула б

Ответ 3: формула в

Ответ 4: формула г

2. Контрольная работа

Какие соединения относятся к гомологическому ряду метана:

- а) C_2H_4 б) C_3H_8 в) C_4H_{10}
г) C_5H_{12} д) C_7H_{14} ?

Ответ 1: соединения а, в, г

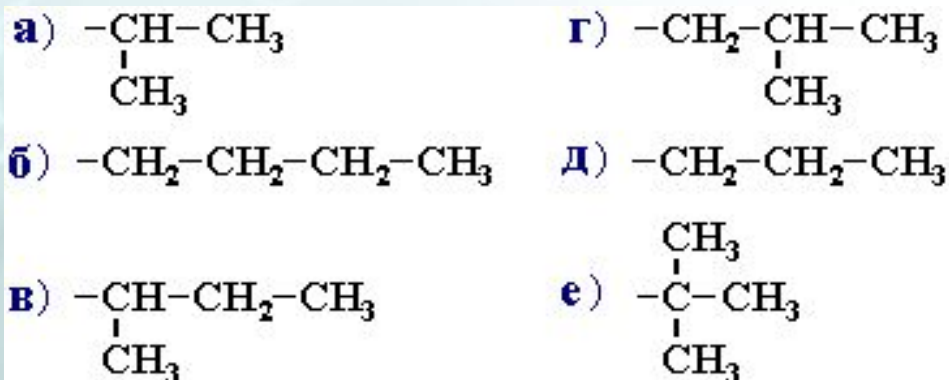
Ответ 2: соединения б, г, д

Ответ 3: соединения б, в, г

Ответ 4: соединения г, д

3. Контрольная работа

Укажите названия углеводородных радикалов:



Ответ 1: а - н-пропил; б - н-бутил; в - изобутил;
г - втор-бутил; д - изопропил; е - трет-бутил.

Ответ 2: а - изопропил; б - н-бутил; в - втор-бутил;
г - изобутил; д - н-пропил; е - трет-бутил.

Ответ 3: а - изопропил; б - н-пропил; в - изобутил;
г - трет-бутил; д - н-бутил; е - втор-бутил

4. Контрольная работа

Установите соответствие между формулой радикала и его названием:

$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	изопропил
$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$	<i>n</i> -пропил
			<i>n</i> -бутил
			<i>втор</i> -бутил
			<i>трет</i> -бутил
			изобутил

Химические свойства алканов

- определяются его строением, т.е. природой входящих в его состав атомов и характером связей между ними.
- Исходя из справочных данных о связях С-С и С-Н, можно предсказать, какие реакции характерны для алканов

Характеристики связей в алканах

Связь	Энергия связи, кДж/моль	Длина связи, нм	Дипольный момент, Д
С-С	348	0,154	0
С-Н	414	0,110	0,30

Химические свойства алканов

- 1. предельная насыщенность алканов не допускает реакций присоединения, но не препятствует реакциям разложения, изомеризации и замещения.

Химические свойства алканов

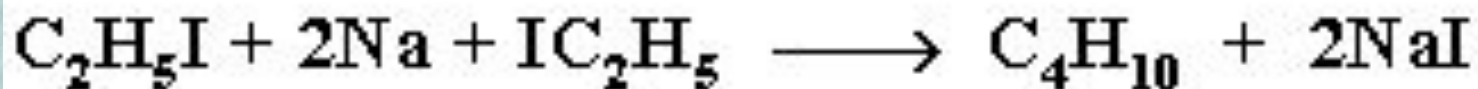
- 2. симметричность неполярных C-C и слабополярных C-H ковалентных связей (см. значения дипольных моментов в табл. 2.5.1) предполагает их гомолитический (симметричный) разрыв на свободные радикалы

Крекинг алканов

- реакции расщепления углеродного скелета крупных молекул при нагревании и в присутствии катализаторов.
- Два вида крекинга:
 - - термический (без доступа воздуха)
 - - каталитический

Галогенопроизводные алканов (галогеналканы)

- Галогенопроизводные алканов широко применяются для синтеза алканов с заданным строением молекул.
- Для этого используется реакция взаимодействия их с активными металлами (реакция Вюрца-получение чётных алканов):

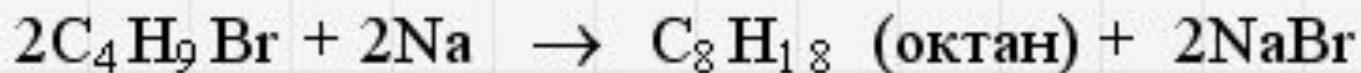


Галогенопроизводные алканов (галогеналканы)

- Чтобы получить алкан с нечётным количеством атомов углерода потребуется два различных галогеналкана:

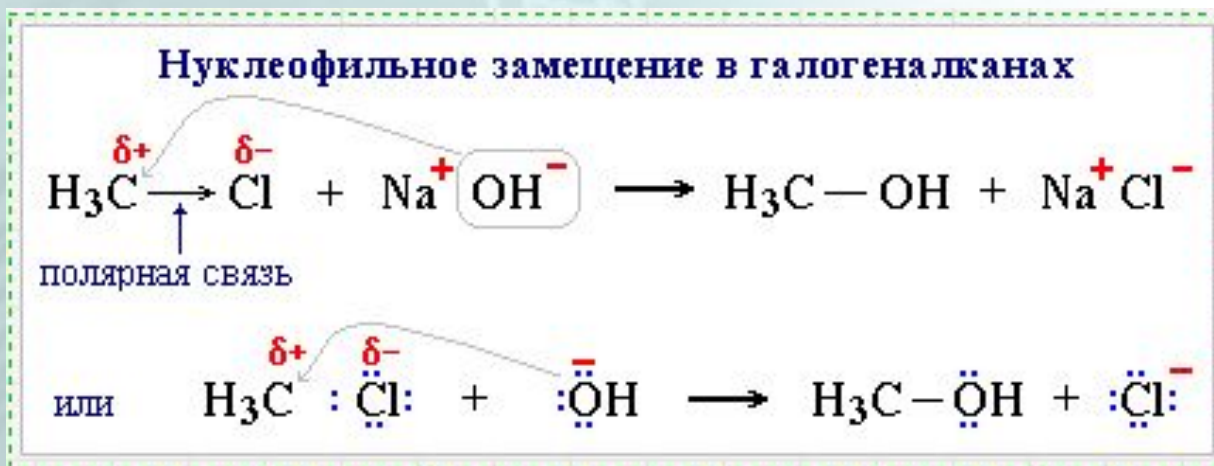


Но при этом также будут происходить реакции:



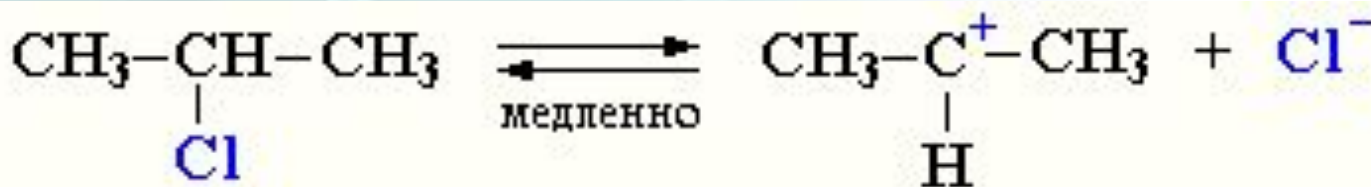
Нуклеофильное замещение (S_N)

положительно заряженный углеродный атом, связанный с галогеном, является центром атаки нуклеофильными частицами (OH^- , OR^- , CN^- , NH_2^- и др.) :



Механизм-1 (S_N1) - двухстадийный

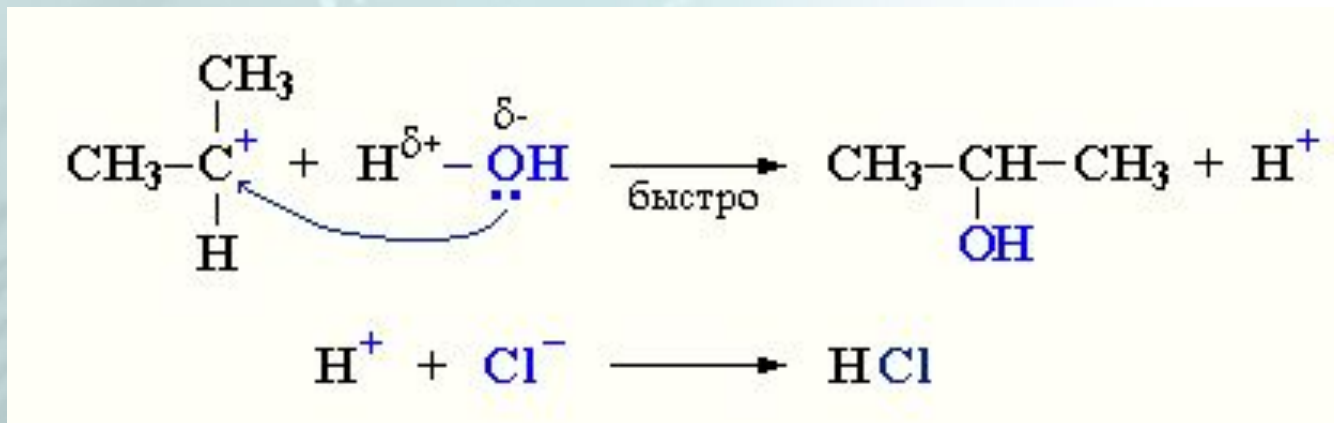
Стадия 1. Алкилгалогенид, отщепляя галоген (электролитическая диссоциация), превращается в карбокатион:



Стадия 1 является лимитирующей. Поскольку в ней участвует только одна частица

Механизм-1 (S_N1) - ДВУХСТАДИЙНЫЙ

Стадия 2. Карбокатион
взаимодействует с нуклеофилом
(донором пары электронов) с
образованием конечного продукта:



Механизм-2 (S_N2) - ОДНОСТАДИЙНЫЙ

закljučается в практически
одновременном отщеплении
галогенид-иона и присоединении
гидроксид-аниона (без образования
карбокатиона):



Получение алканов

Алканы выделяют из природных источников:

- природный и попутный газы,
- нефть,
- каменный уголь.

Используются также синтетические методы.

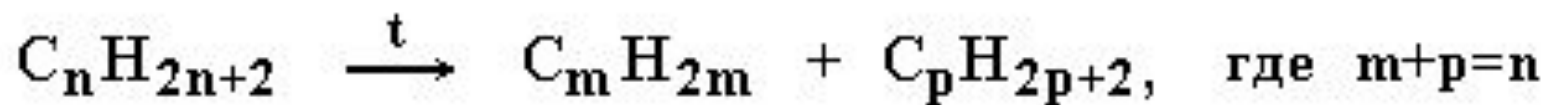
1. Контрольная работа

Дайте названия радикалам следующих алканов:

- пропан
- декан
- октан
- этан
- пентан
- гексан

2. Контрольная работа

Напишите процесс расщепления для следующих алканов, используя общую формулу крекинга



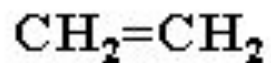
- ОКТАН
- ДЕКАН
- ГЕПТАН

Алкены

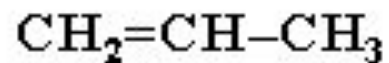
- (этиленовые углеводороды, олефины) - непредельные алифатические углеводороды, молекулы которых содержат двойную связь.
- Общая формула ряда алкенов:



Простейшие представители



этилен
(этен)



пропилен
(пропен)

Этилен



**Шаростержневая
модель**



**Масштабная модель
(полусферическая)**

Пропилен



Алкены

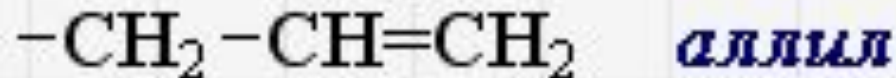
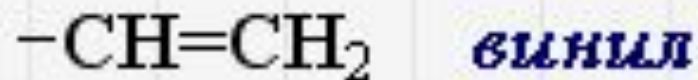
- В отличие от предельных углеводородов, алкены содержат двойную связь $C=C$, которая осуществляется 4-мя общими электронами: $H_2C:::CH_2$.
- В образовании такой связи участвуют атомы углерода в sp^2 -гибридизованном состоянии

Номенклатура алкенов

- названия алкенов производят от названий соответствующих алканов (путем замены суффикса *-ан* на *-ен*):
- 2 атома C → этан → этен;
- 3 атома C → пропан → пропен
- Главная цепь выбирается таким образом, чтобы она обязательно включала в себя двойную связь.

Номенклатура алкенов

- В номенклатуре различных классов органических соединений наиболее часто используются следующие одновалентные радикалы алкенов:



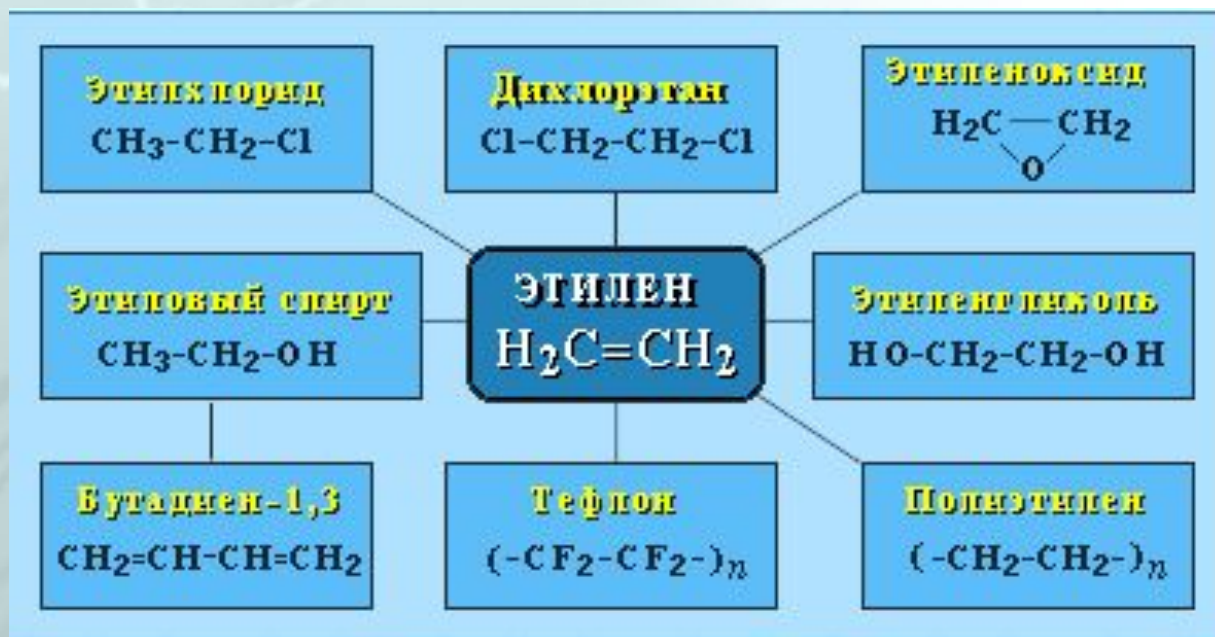
Номенклатура алкенов

Назовите следующие алкены:

- $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
- $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$
- $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$
- $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$
- $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
- $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$
|
 CH_3

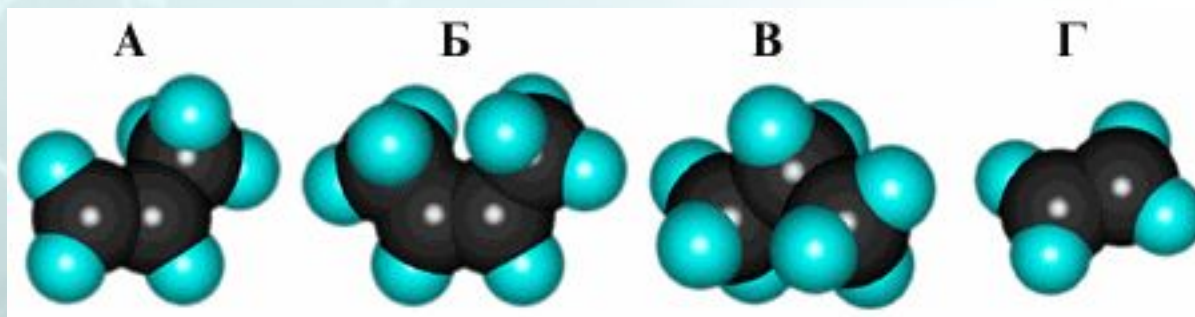
Применение алкенов

- Этилен (этен) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ используется для получения многих органических соединений.



1. Контрольная работа

1. Какие модели соответствуют молекулам алкенов?



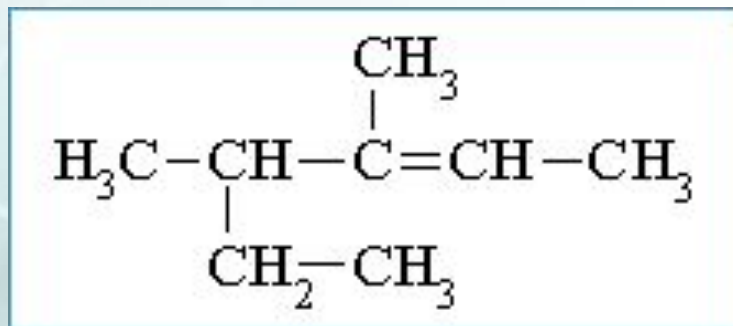
2. Контрольная работа

Дайте названия следующих алкенов, полученных из алканов:

- пропан
- декан
- октан
- этан
- пентан
- гексан

3. Контрольная работа

Назовите соединение:



Ответ 1: 3-метил-4-этилпентен-2

Ответ 2: 3-метил-2-этилпентен-3

Ответ 3: 3,4-диметилгексен-2

Ответ 4: 2-этил-3-метилпентен-2

4. Контрольная работа

Двойная связь является сочетанием . . .

Ответ 1: двух σ -связей

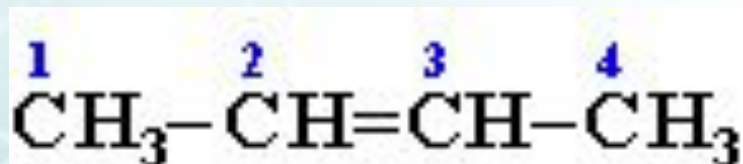
Ответ 2: двух π -связей

Ответ 3: одной σ -связи и одной π -связи

Ответ 4: ионной связи и ковалентной
связи

6. Контрольная работа

Какова гибридизация атомов углерода в молекуле алкена:



Ответ 1: 1 и 4 - sp^2 , 2 и 3 - sp^3

Ответ 2: 1 и 4 - sp^3 , 2 и 3 - sp^2

Ответ 3: 1 и 4 - sp^3 , 2 и 3 - sp

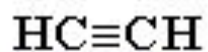
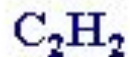
Ответ 4: 1 и 4 - не гибридизованы, 2 и 3 - sp^2

Алкины

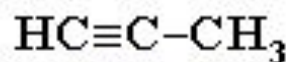
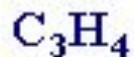
- Алкины (ацетиленовые углеводороды) – непредельные алифатические углеводороды, молекулы которых содержат одну тройную связь.
- Общая формула алкинов:



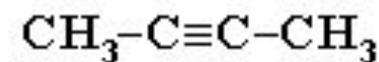
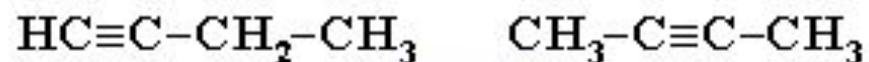
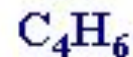
Простейшие представители



ацетилен

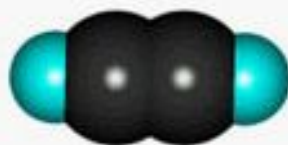


пропин



бутины

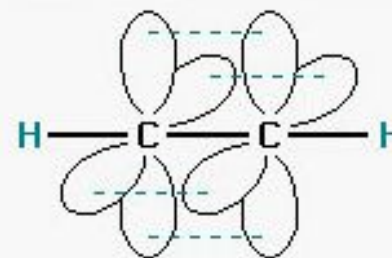
Модели молекулы первого члена гомологического ряда алкинов – ацетилена



Масштабная
модель



Шаростержневая
модель



Атомно-орбитальная
модель

Алкины

- Тройную связь осуществляют шесть общих электронов:



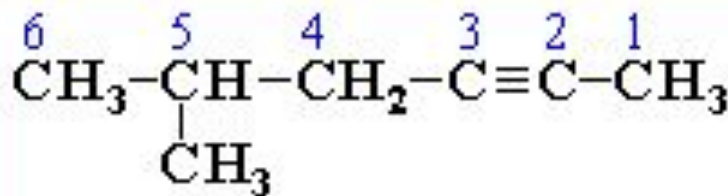
- В образовании тройной связи участвуют атомы углерода в sp -гибридизованном состоянии.

Номенклатура алкинов

- названия алкинов производят от названий соответствующих алканов (путем замены суффикса *-ан* на *-ин*):
- 2 атома С → этан → этин;
- 3 атома С → пропан → пропин
- Главная цепь выбирается таким образом, чтобы она обязательно включала в себя тройную связь.

Номенклатура алкинов

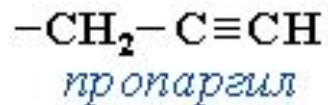
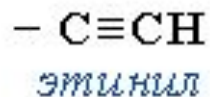
- Нумерацию углеродных атомов начинают с ближнего к тройной связи конца цепи.
- Цифра, обозначающая положение тройной связи, ставится обычно после суффикса -ин.
- Например:



5-метилгексин-2

Номенклатура алкинов

- Для простейших алкинов применяются исторически сложившиеся названия: *ацетилен* (этин), *аллилен* (пропин), *кротонилен* (бутин-1), *валерилен* (пентин-1).
- В номенклатуре наиболее часто используются следующие **одновалентные радикалы алкинов**:

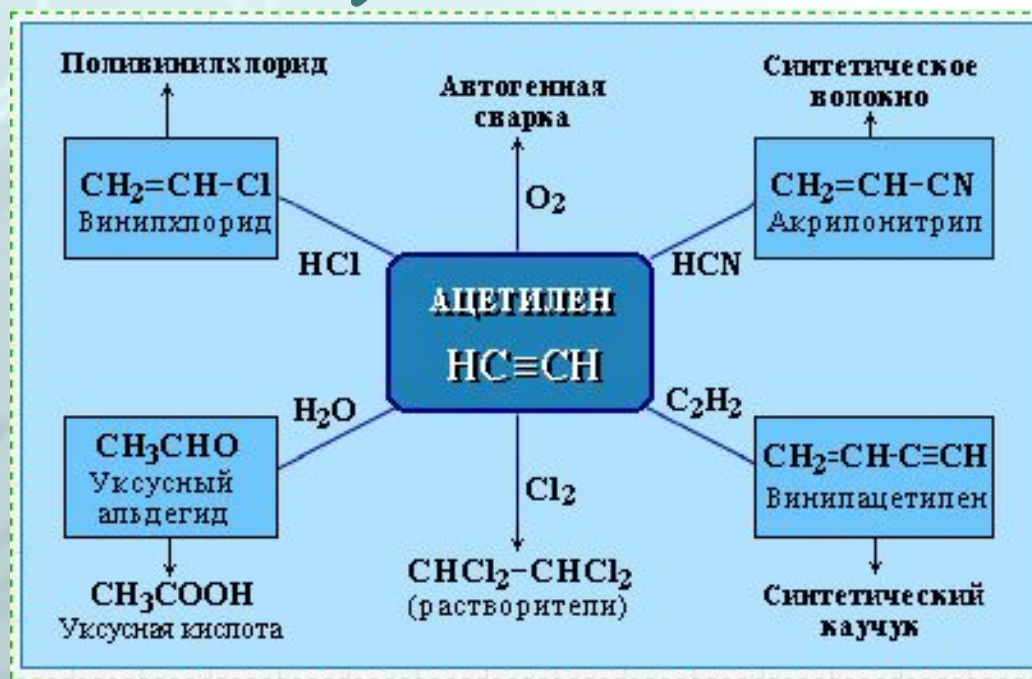


Назовите следующие алкины:

- $\text{CH}_2 \equiv \text{CH}_2$
- $\text{CH}_3 - \text{CH} \equiv \text{CH}_2$
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_3 - \text{CH} \equiv \text{CH}_2$
- $\text{CH}_3 - \text{CH} \equiv \text{CH} - \text{CH}_3$
- $\text{CH}_2 \equiv \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$
- $\text{CH}_3 - \text{CH} \equiv \text{CH}_2$
|
 CH_3

Применение алкинов

- Наибольшее практическое значение имеют ацетилен и винилацетилен (бутен-3-ин-1).



1. Контрольная работа

Тройная связь является сочетанием:

Ответ 1 : трех σ -связей

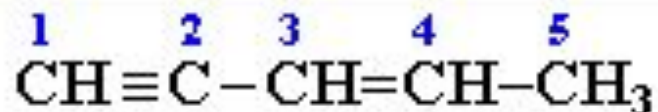
Ответ 2 : одной σ - и двух π -связей

Ответ 3 : двух σ - и одной π -связи

Ответ 4 : трех π -связей

4. Контрольная работа

Какова гибридизация атомов углерода в следующей молекуле:



Ответ 1 : 1 - sp , 2 - sp , 3 - sp^2 , 4 - sp^2 , 5 - sp^3

Ответ 2 : 1 - sp , 2 - sp^2 , 3 - sp^2 , 4 - sp , 5 - sp^3

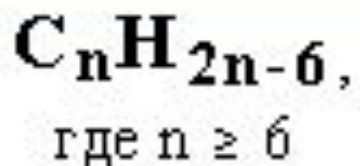
Ответ 3 : 1 - sp^3 , 2 - sp , 3 - sp , 4 - sp^2 , 5 - sp^2

Ответ 4 : 1 - sp^2 , 2 - sp^3 , 3 - sp^3 , 4 - sp , 5 - sp

АРЕНЫ

(ароматические углеводороды)

- соединения, молекулы которых содержат устойчивые циклические группы атомов (бензольные ядра) с особым характером химических связей.
- Общая формула алкинов:

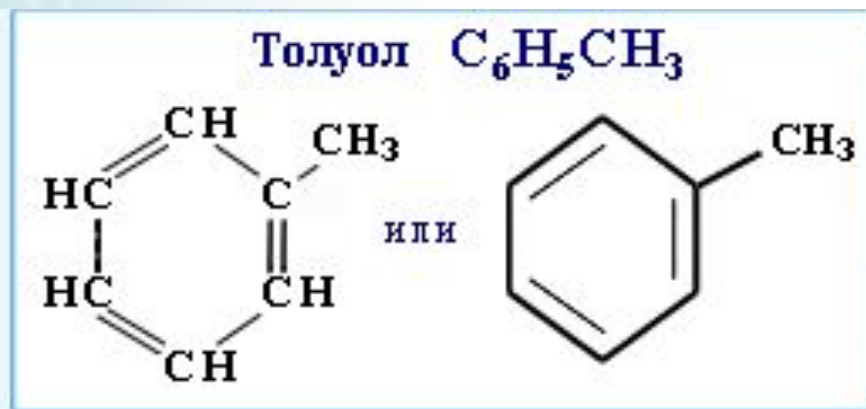
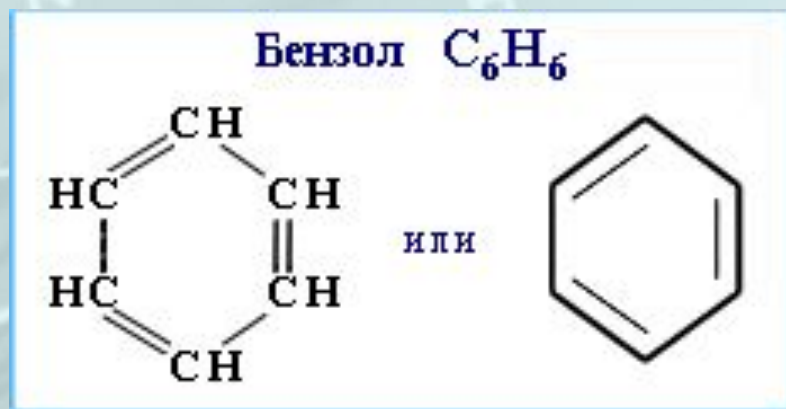


Простейшие представители

Одноядерные арены:

C_6H_6 - бензол

C_7H_8 - толуол (метилбензол).

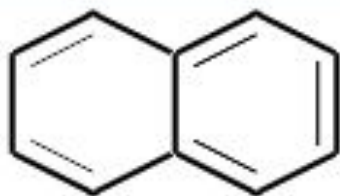


Простейшие представители

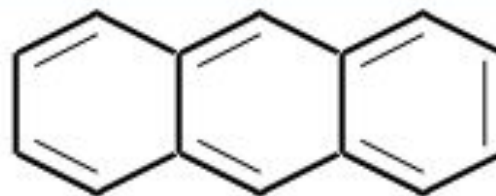
Многоядерные арены:

$C_{10}H_8$ - нафталин

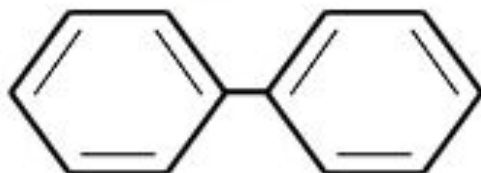
$C_{14}H_{10}$ - антрацен и др.



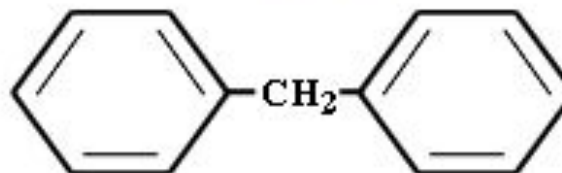
Нафталин



Антрацен



Дифенил



Дифенилметан

Арены

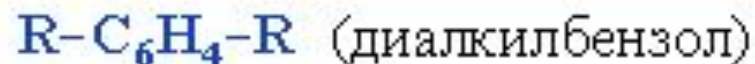
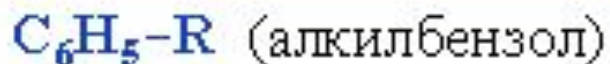
- **Ароматичность молекулы означает ее повышенную устойчивость, обусловленную делокализацией π -электронов в циклической системе.**
- **Термин "ароматические соединения" возник давно в связи с тем, что некоторые представители этого ряда веществ имеют приятный запах.**

Критерии ароматичности аренов:

- Атомы углерода в sp^2 -гибридизованном состоянии образуют циклическую систему.
- Атомы углерода располагаются в одной плоскости (цикл имеет плоское строение).
- Замкнутая система сопряженных связей содержит $4n+2\pi$ -электронов (n - целое число)

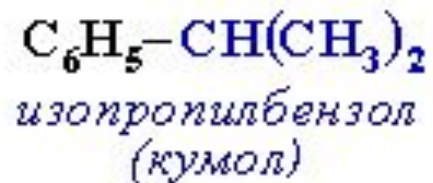
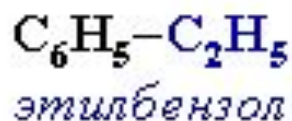
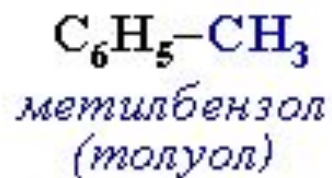
Номенклатура аренов

- Гомологи бензола – соединения, образованные заменой одного или нескольких атомов водорода в молекуле бензола на углеводородные радикалы (R).



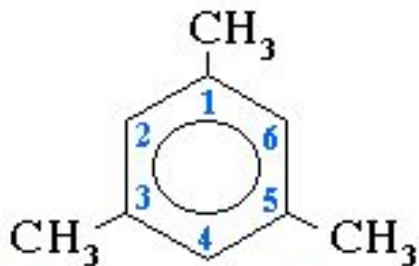
Номенклатура аренов

- Широко используются тривиальные названия (толуол, ксилол, кумол и т. п.).
- Систематические названия строят из названия углеводородного радикала (приставка) и слова бензол (корень):

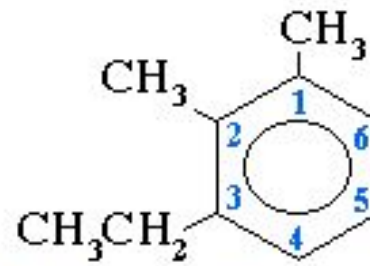


Номенклатура аренов

- Если радикалов два или более, их положение указывается номерами атомов углерода в кольце, с которыми они связаны.
- Нумерацию кольца проводят так, чтобы номера радикалов были наименьшими.
Например:



1,3,5-триметилбензол



1,2-диметил-3-этилбензол

Номенклатура аренов

- Для дизамещенных бензолов $R-C_6H_4-R$ используется также и другой способ построения названий, при котором положение заместителей указывают перед тривиальным названием соединения приставками:

орто - (о-);

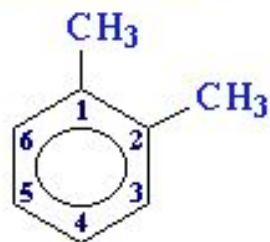
мета - (м-);

пара - (п-)

Номенклатура аренов

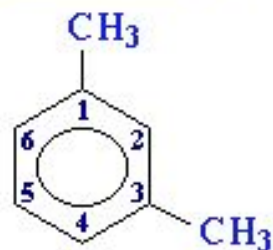
- *орто*- (*о*-) заместители у соседних атомов углерода кольца, т.е. 1,2-;
- *мета*- (*м*-) заместители через один атом углерода (1,3-);
- *пара*- (*п*-) заместители на противоположных сторонах кольца (1,4-):

1,2-Диметилбензол



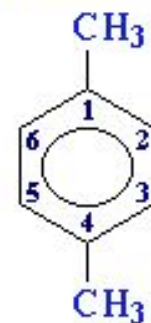
орто-ксилол
(*о*-ксилол)

1,3-Диметилбензол



мета-ксилол
(*м*-ксилол)

1,4-Диметилбензол



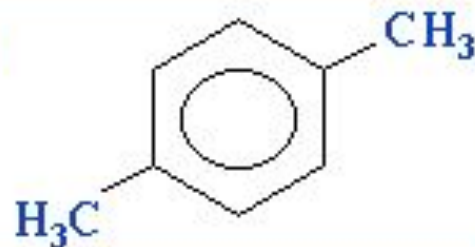
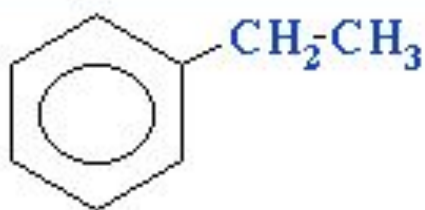
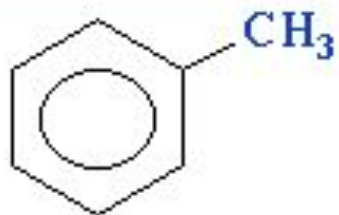
пара-ксилол
(*п*-ксилол)

Номенклатура аренов

- Ароматические одновалентные радикалы имеют общее название "арил".
- Из них наиболее распространены в номенклатуре органических соединений два:
 - C_6H_5- (фенил)
 - $C_6H_5CH_2-$ (бензил)

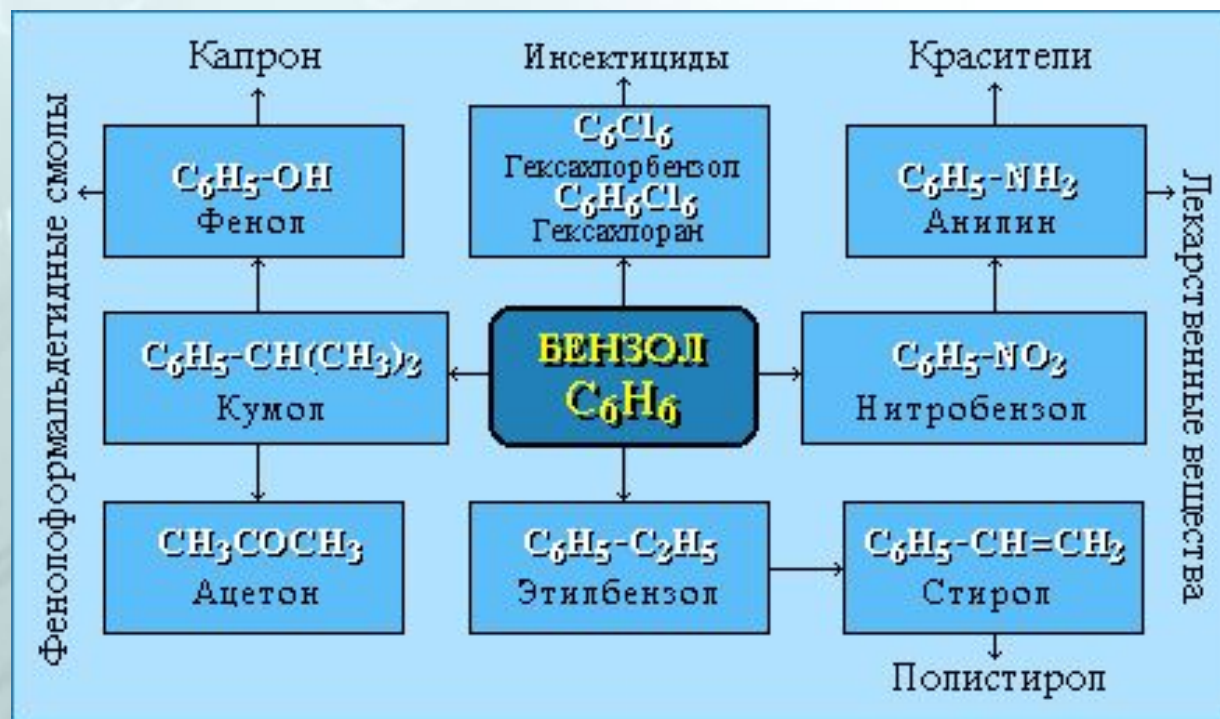
Назовите следующие арены:

- по номенклатуре ИЮПАК и тривиальным названиям:



Применение аренов

- Наибольшее практическое значение имеет бензол:



1. Контрольная работа

1. Какие из приведенных на рисунке структур соответствуют бензолу?



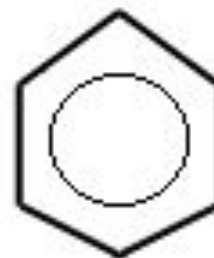
а



б



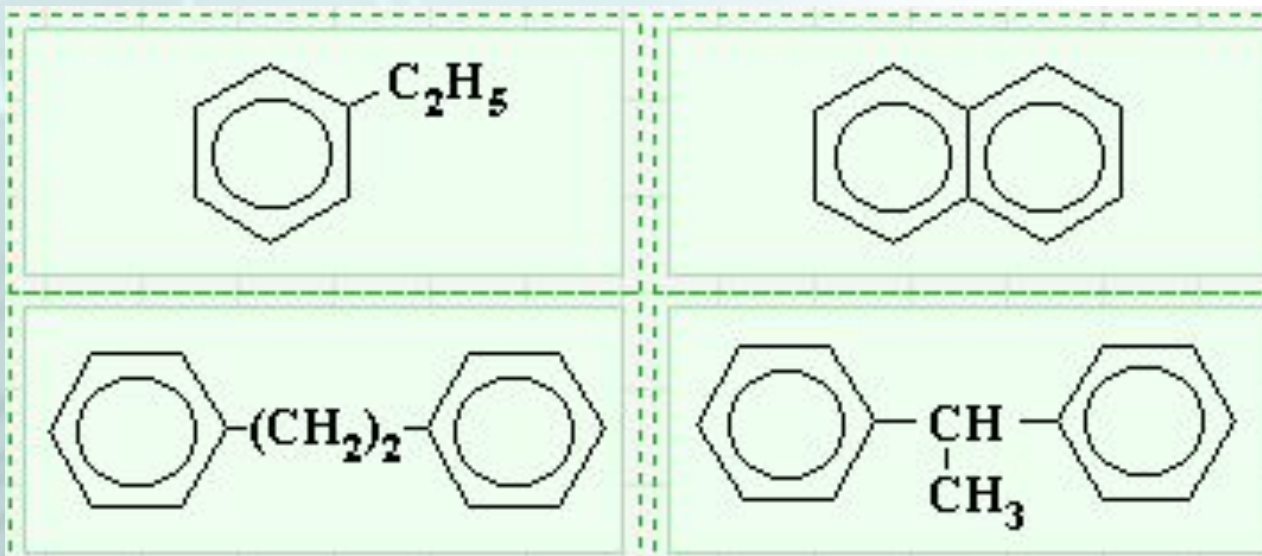
в



г

2. Контрольная работа

Дайте названия следующих ароматических углеводородов:



3. Контрольная работа

Какой тип гибридизации характерен для атомов углерода в молекуле бензола?

Ответ 1: sp^3

Ответ 2: sp

Ответ 3: sp^3d

Ответ 4: sp^2

4. Контрольная работа

Нарисуйте следующие соединения:

1) 1,3,5-тринитробензол

2) 3-нитротолуол

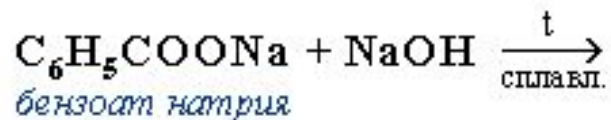
3) 2-нитротолуол

4) 2,4,6-тринитротолуол

5) фенилнитрометан

Получение аренов

- Получение и свойства бензола.
- Напишите уравнение реакции:

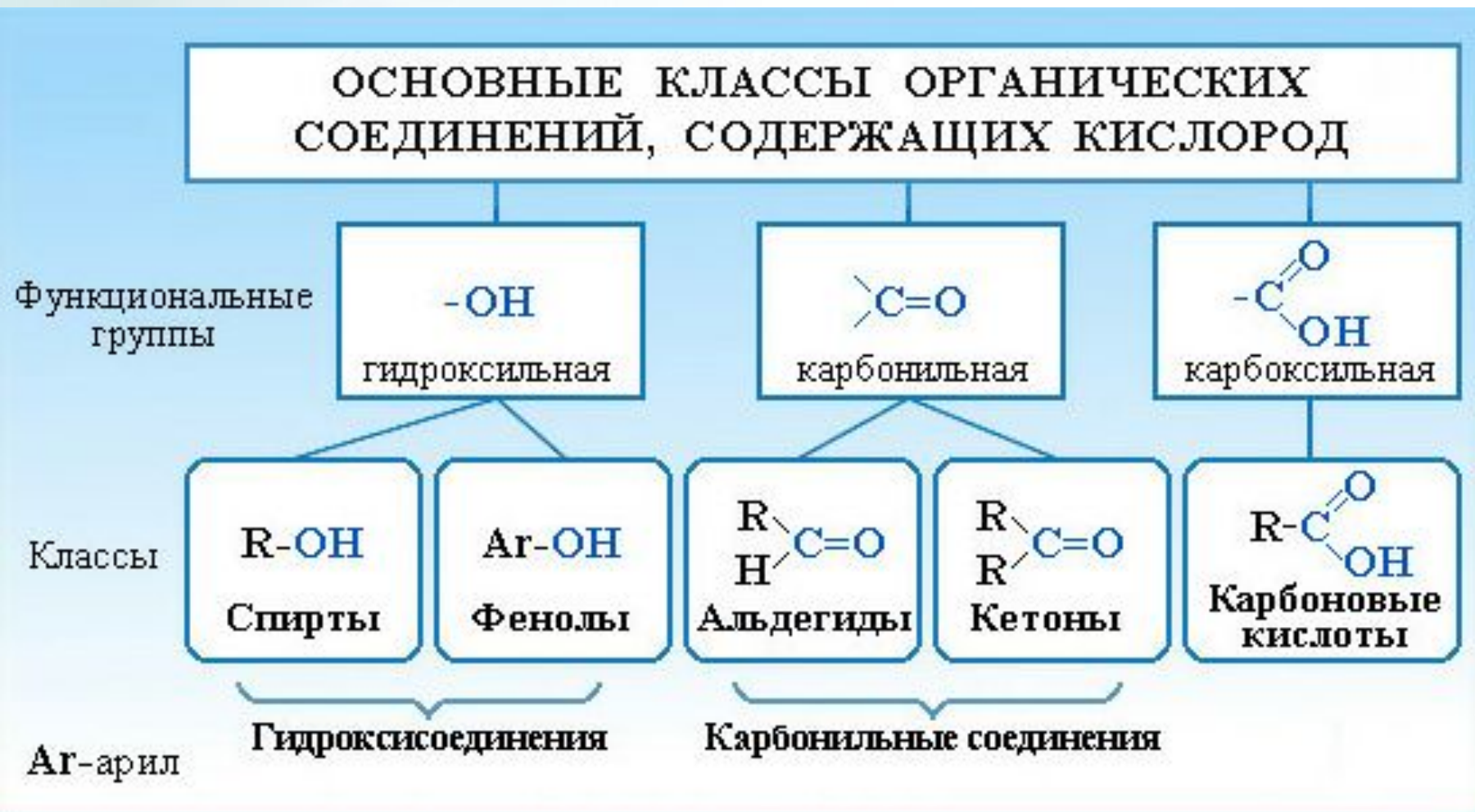


- (видеоролик eхrb.exe в папке лабораторные опыты)

Кислородсодержащие органические соединения

- известно большое число органических соединений, в состав которых наряду с углеродом и водородом входит кислород.
- атом кислорода содержится в различных функциональных группах, определяющих принадлежность соединения к определенному классу.

Основные кислородсодержащие соединения

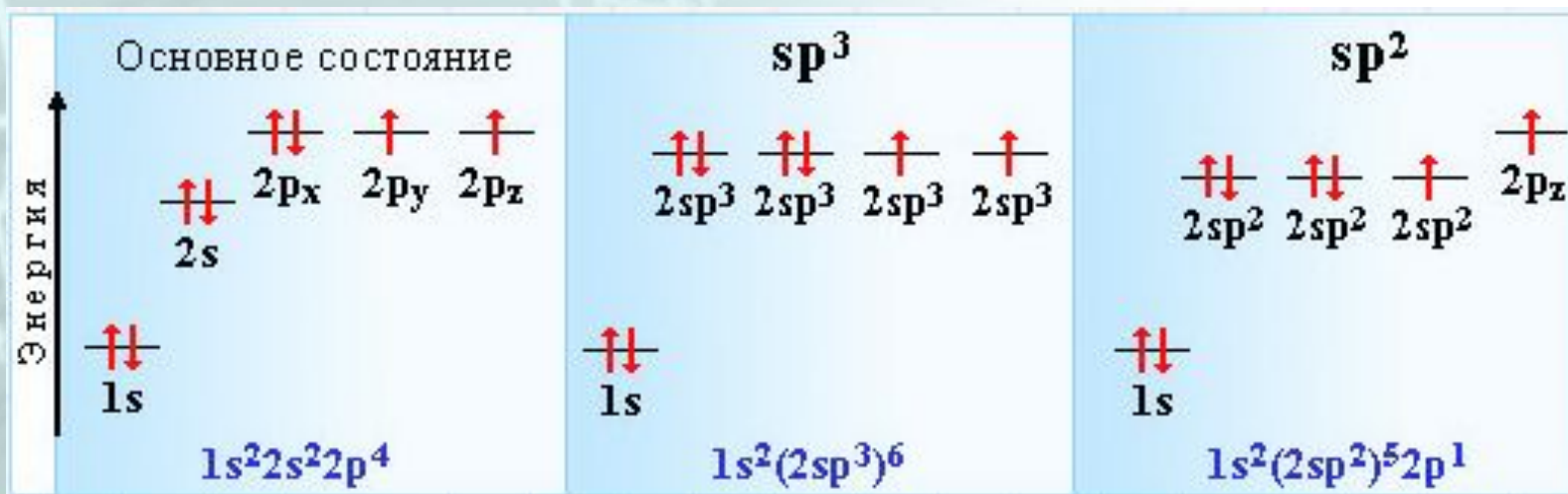


Функциональные группы

- HO-R-CHO - гидроксикальдегиды
- $\text{HO-R-CO-R}'$ - гидроксикетоны
- HO-R-COOH - гидроксикислоты
- ROR' - простые эфиры
- RCOOR' - сложные эфиры
- RCONH_2 - амиды
- $(\text{RCO})_2\text{O}$ - ангидриды
- RCOCl - хлорангидриды

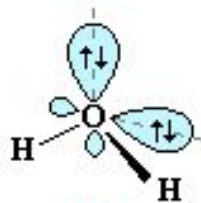
Строение кислорода

- Кислород – элемент VI A группы 2-го периода периодической системы; порядковый номер 8; атомная масса 16; электроотрицательность 3,5.
- Электронная конфигурация в основном состоянии $1s^2 2s^2 2p^4$:

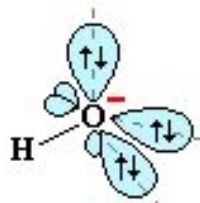


sp^3 -состояние

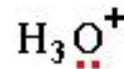
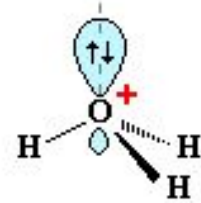
- Соединения, содержащие атом кислорода в sp^3 -гибризованном состоянии:



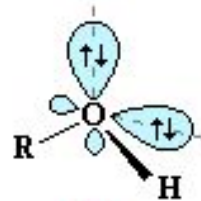
вода



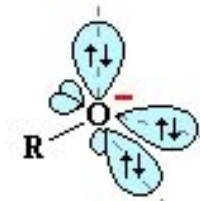
гидроксид-анион



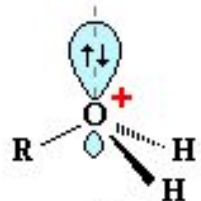
гидроксоний-катион



спирт



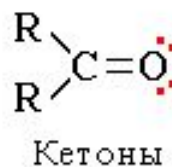
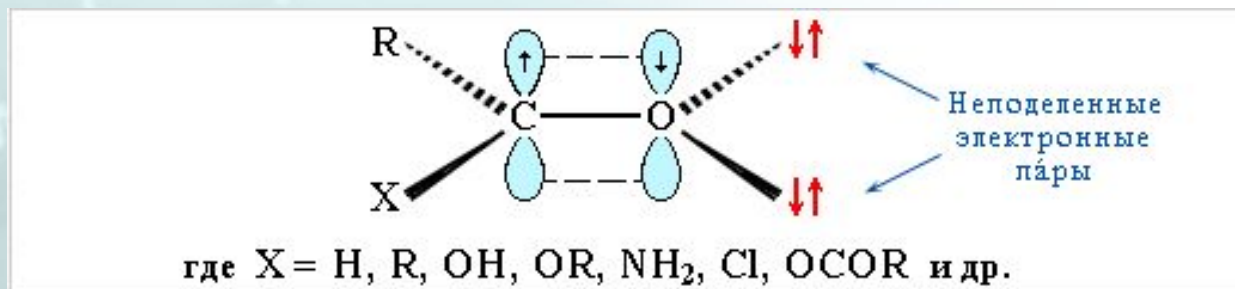
алкоксид-анион



катион
алкилгидроксония

sp^2 -состояние

- sp^2 -Гибризованный атом кислорода присутствует в соединениях с карбонильной группой $C=O$



Гидроксисоединения

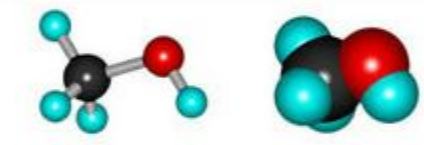
- вещества, содержащие одну или более гидроксильных групп $-OH$, связанных с углеводородным радикалом:
 - спирты $R-OH$
 - фенолы $Ar-OH$

R – алкил (алифатический радикал);

Ar – арил (ароматический радикал, радикал фенил $-C_6H_5$)

Спирты

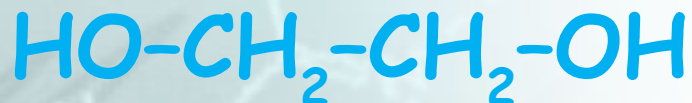
- Спирты - соединения алифатического ряда, содержащие одну или несколько гидроксильных групп.
- Общая формула спиртов с одной гидроксигруппой R-OH.

Простейшие спирты		
Название	Формула	Модели
Метильный спирт (метанол)	$\text{CH}_3\text{-OH}$	
Этиловый спирт (этанол)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OH}$	

Классификация спиртов

1. По числу гидроксильных групп спирты подразделяются на

- одноатомные (одна группа -ОН),
- многоатомные (две и более групп -ОН).
- Современное название многоатомных спиртов - полиолы (диолы, триолы и т.д):
 - двухатомный спирт - этиленгликоль (этандиол)



- трехатомный спирт - глицерин (пропантриол-1,2,3)



Классификация спиртов

2. В зависимости от того, с каким атомом углерода связана гидроксигруппа, различают спирты

- первичные $R-CH_2-OH$,
- вторичные R_2CH-OH ,
- третичные R_3C-OH .



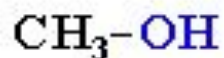
Классификация спиртов

3. По строению радикалов, связанных с атомом кислорода, спирты подразделяются на:

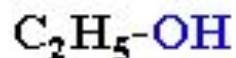
- предельные, или алканолы ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OH}$)
- непредельные, или алкенолы ($\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-OH}$)
- ароматические ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{-OH}$).

Номенклатура спиртов

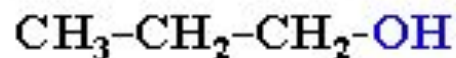
- Систематические названия даются по названию углеводорода с добавлением суффикса -ол и цифры, указывающей положение гидроксигруппы (если это необходимо):



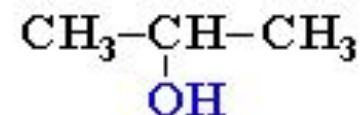
метанол



этанол



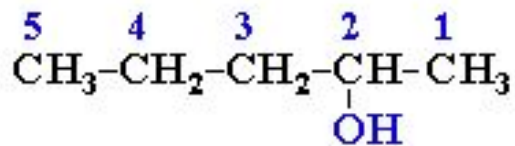
пропанол-1



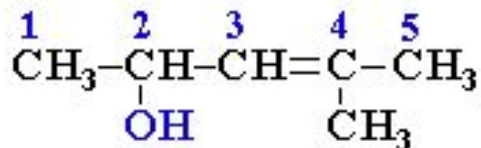
пропанол-2

Номенклатура спиртов

- Нумерация ведется от ближайшего к ОН-группе конца цепи:



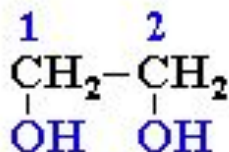
пентанол-2



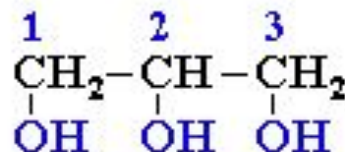
4-метилпентен-3-ол-2

Номенклатура спиртов

- В многоатомных спиртах положение и число OH -групп указывают суффиксами **диол**, **триол** и цифрами:



этандиол-1,2
(этиленгликоль)



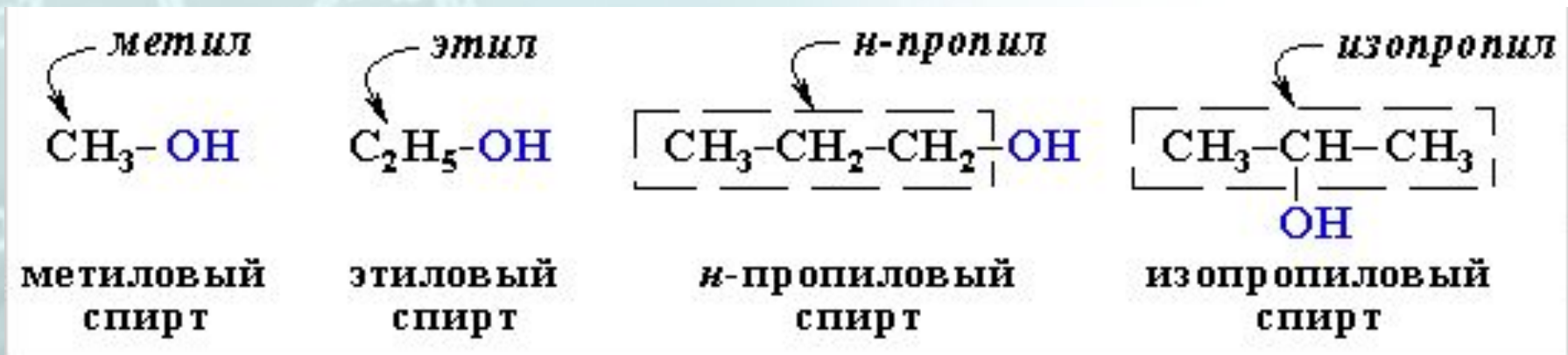
пропантриол-1,2,3
(глицерин)

Номенклатура спиртов

- Радикально-функциональная номенклатура ИЮПАК, наличие функциональной группы отражают не суффиксом, а названием соответствующего класса соединений:
- C_2H_5OH - этиловый спирт;
- C_2H_5Cl - этилхлорид;
- $CH_3-O-C_2H_5$ - метилэтиловый эфир;
- $CH_3-CO-CH=CH_2$ - метилвинилкетон.

Номенклатура спиртов

- Названия спиртов производят от названий радикалов с добавлением слова спирт:

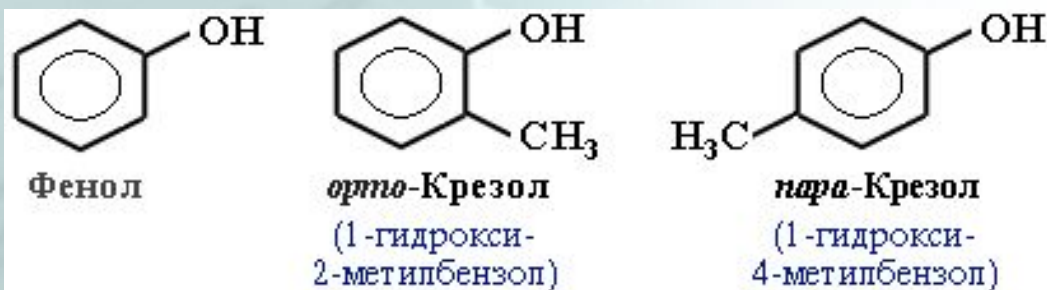
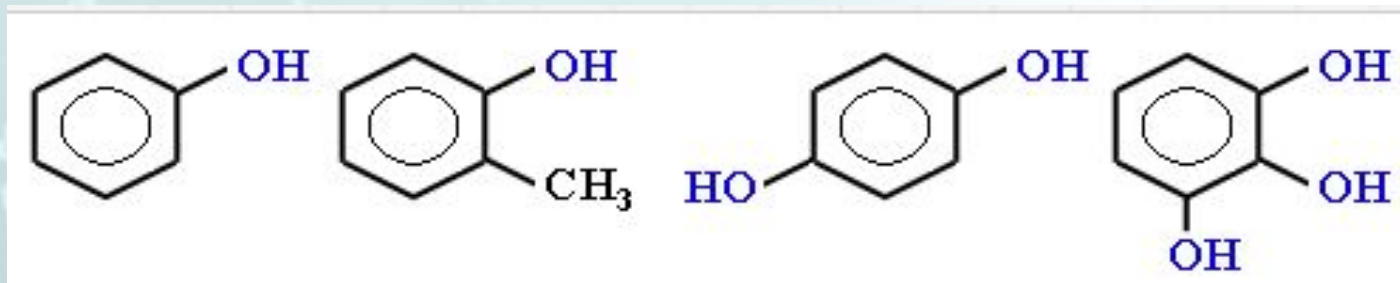


Назовите следующие спирты:

- $\text{CH}_3\text{—OH}$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$

Фенолы

- гидроксисоединения, в молекулах которых **ОН-группы связаны непосредственно с бензольным ядром:**

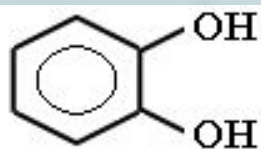


Фенолы

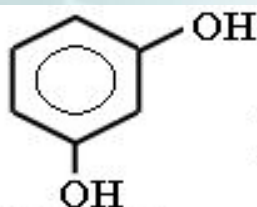
В зависимости от числа OH -групп различают:

- одноатомные фенолы
- многоатомные.

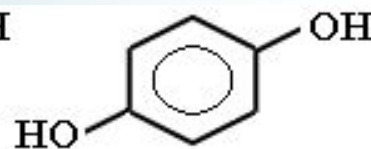
Среди многоатомных фенолов наиболее распространены двухатомные:



Пирокатехин
(1,2-дигидрокси-
бензол)



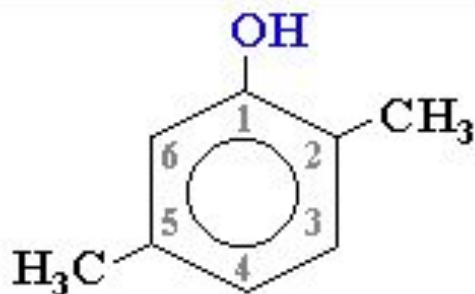
Резорцин
(1,3-дигидрокси-
бензол)



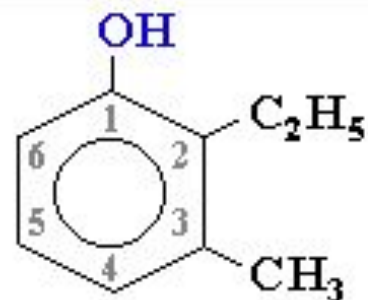
Гидрохинон
(1,4-дигидрокси-
бензол)

Номенклатура фенолов

- Одноатомные фенолы называются как производные от первого вещества этого ряда - фенола:



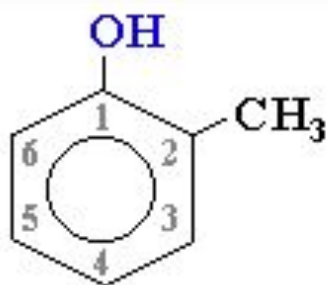
2,5-диметилфенол



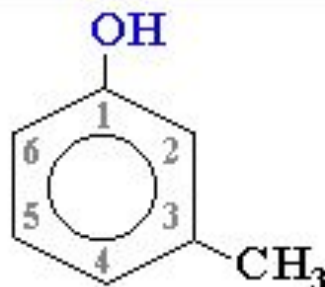
3-метил-2-этилфенол

Номенклатура фенолов

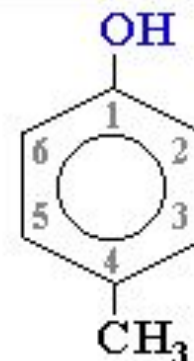
- В названиях монозамещённых фенолов применяют приставки - *орто*, *мета*, *пара*, а сами фенолы называют крезолами:



орто-крезол
(2-метилфенол)



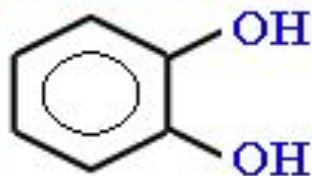
мета-крезол
(3-метилфенол)



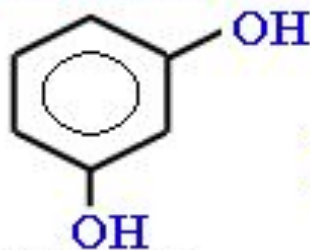
пара-крезол
(4-метилфенол)

Номенклатура фенолов

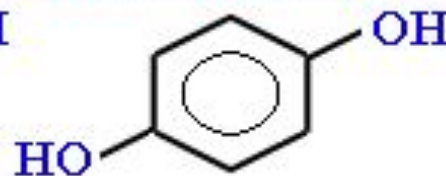
- Для большинства многоатомных фенолов сохраняются тривиальные названия:



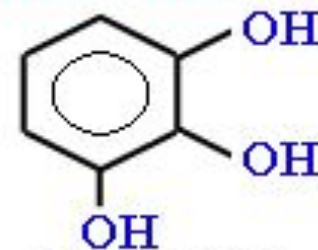
Пирокатехин
(1,2-дигидрокси-
бензол)



Резорцин
(1,3-дигидрокси-
бензол)



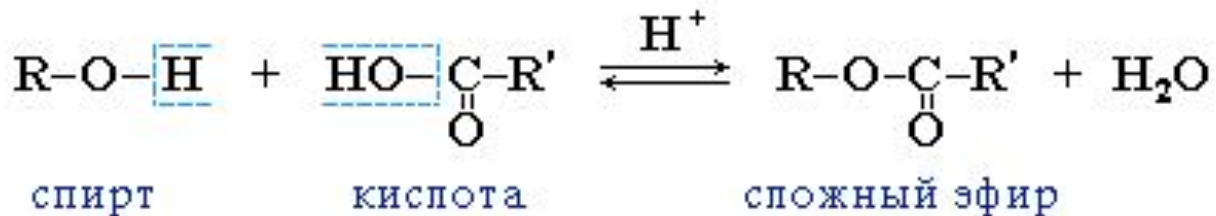
Гидрохинон
(1,4-дигидрокси-
бензол)



Пирогаллол
(1,2,3-тригидрокси-
бензол)

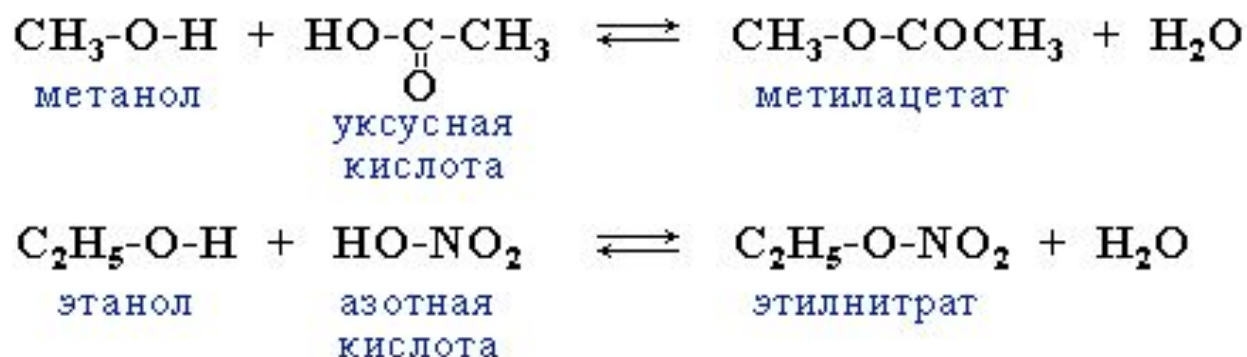
Образование сложных эфиров

- Спирты вступают в реакции с минеральными и органическими кислотами, образуя сложные эфиры.
- Реакция обратима (обратный процесс - гидролиз сложных эфиров):



Образование сложных эфиров

- Название сложного эфира образуется от углеводородного радикала:



- Реакционная способность одноатомных спиртов в этих реакциях убывает от первичных к третичным.

Простые эфиры

- Простыми эфирами называют органические вещества, молекулы которых состоят из углеводородных радикалов, соединенных атомом кислорода: $R'-O-R''$, где R' и R'' - различные или одинаковые радикалы.

Простые эфиры

- Простые эфиры рассматриваются как производные спиртов.
- Названия этих соединений строятся из названий радикалов (в порядке возрастания молекулярной массы) и слова "эфир":
- CH_3OCH_3 - диметилловый эфир;
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_3$ - метилэтиловый эфир.

1. Контрольная работа

1. Соединение $\text{CH}_3\text{-CHON-CH}_2\text{-CH}_3$ относится к классу:

Ответ 1 : алканов

Ответ 2 : алкенов

Ответ 3 : алканолов

Ответ 4 : фенолов

Ответ 5 : алкандиолов :

2. Контрольная работа

Дайте названия следующих спиртов, полученных из алканов:

- бутан
- гептан
- октан
- пропан
- пентан
- гексан

3. Контрольная работа

Водород выделяется в реакции ...

Ответ 1: этанол + уксусная кислота

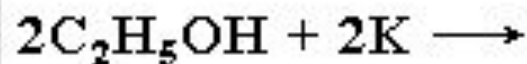
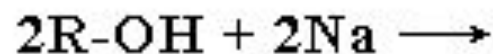
Ответ 2: этанол + Na металлический

Ответ 3: этанол + водный раствор NaOH

Ответ 4: этанол + уксусный альдегид

Свойства спиртов

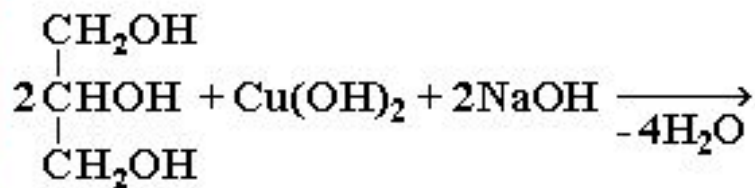
- Взаимодействие спирта и натрия



- Напишите уравнения реакций.
- (видеоролик or3.exe в папке лабораторные опыты-кислородсодержащие соединения)

Свойства спиртов

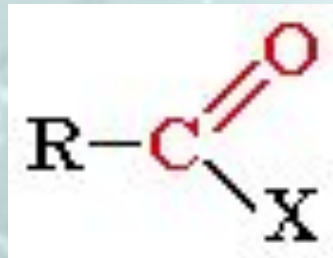
- Образование глицерата меди.
- Напишите уравнение реакции:



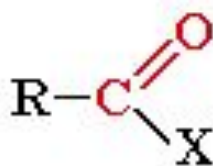
- (видеоролик or2.exe в папке лабораторные - опыты кислородсодержащие соединения)

Кислородсодержащие органические соединения

- Карбонильными соединениями называют органические вещества, в молекулах которых имеется группа $>C=O$ (карбонил или оксогруппа).
- Общая формула карбонильных соединений:



Карбонильные соединения



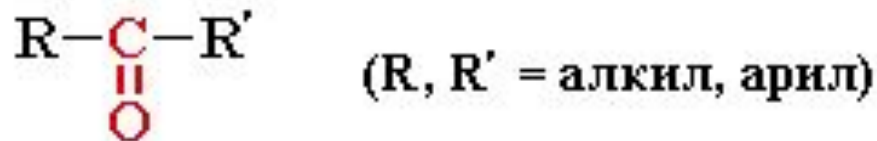
- В зависимости от типа заместителя X эти соединения подразделяют на:
 - альдегиды (X = H);
 - кетоны (X = R, R');
 - карбоновые кислоты (X = OH)
 - производные (X = OR, NH₂, NHR, Hal и т.д.).

Альдегиды

- органические соединения, в молекулах которых атом углерода карбонильной группы (карбонильный углерод) связан с атомом водорода.
 - Общая формула: $R-CH=O$ или
- $R-C(=O)H$ (R = H, алкил, арил)
- Функциональная группа $-CH=O$ называется альдегидной.

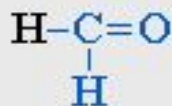
Кетоны

- органические вещества, молекулы которых содержат карбонильную группу, соединенную с двумя углеводородными радикалами.
- Общие формулы: $R_2C=O$, $R-CO-R'$ или:

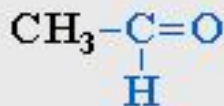


Кислородсодержащие соединения

Альдегиды

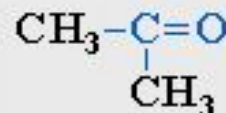


формальдегид
(метаналь)

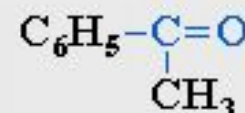


ацетальдегид
(этаналь)

Кетоны

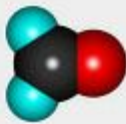
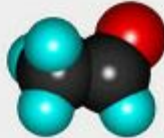
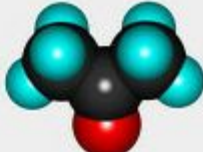


ацетон
(пропанон)



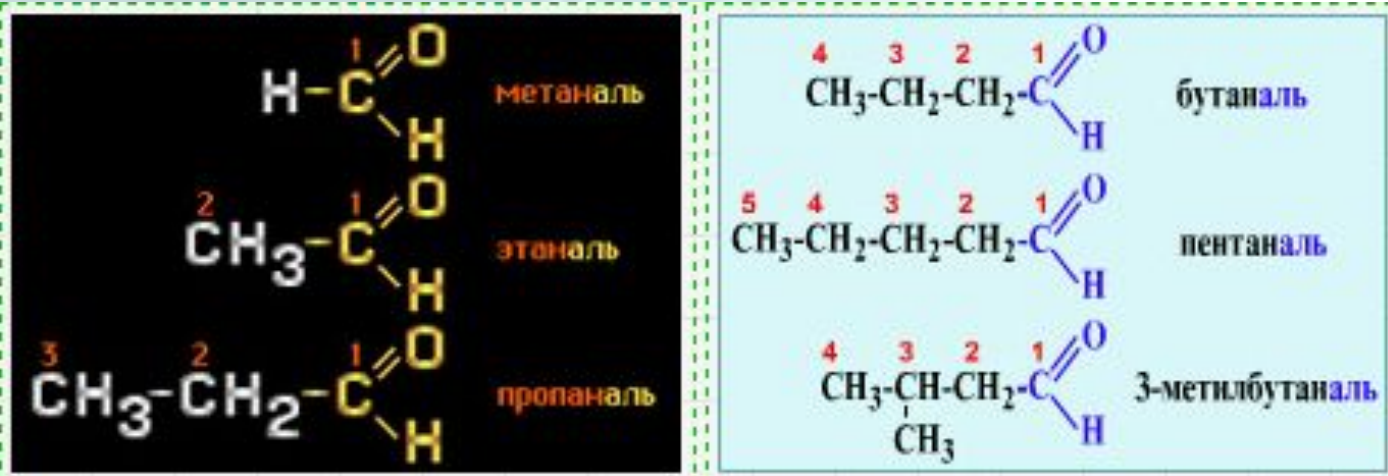
ацетофенон
(метилфенилкетон)

Модели простейших карбонильных соединений

Название	Формула	Модель
Формальдегид (метаналь)	$\text{H}_2\text{C}=\text{O}$	
Ацетальдегид (этаналь)	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{O}$	
Ацетон (пропанон)	$(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$	

Номенклатура альдегидов

- Систематические названия альдегидов строят по названию соответствующего углеводорода и добавлением суффикса -аль. Нумерацию цепи начинают с карбонильного атома углерода:



Номенклатура альдегидов

- Тривиальные названия производят от тривиальных названий тех кислот, в которые альдегиды превращаются при окислении:

Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
$\text{H}_2\text{C}=\text{O}$	метаналь	муравьиный альдегид (формальдегид)
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{O}$	этаналь	уксусный альдегид (ацетальдегид)
$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}=\text{O}$	2-метил- пропаналь	изомасляный альдегид
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{O}$	бутен-2-аль	кродоновый альдегид
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{O}$	бензальдегид	бензойный альдегид (бензальдегид)

Номенклатура кетонов

- Систематические названия кетонов несложного строения производят от названий радикалов (в порядке увеличения) с добавлением слова кетон (ИЮПАК):
 - $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ - диметилкетон (ацетон);
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-CO-CH}_3$ - метилпропилкетон.

Номенклатура кетонов

- В более общем случае название кетона строится по названию соответствующего углеводорода и суффикса -он; нумерацию цепи начинают от конца цепи, ближайшего к карбонильной группе (заместительная номенклатура):
- $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ - пропанон (ацетон);
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-CO-CH}_3$ - пентанон-2;
- $\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-CO-CH}_3$ - пентен-4-он-2.

Назовите следующие соединения:

- $\text{CH}_3\text{—CO—C}_4\text{H}_9$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—COH}$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COH}$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COH}$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COH}$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COH}$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CO—CH}_2\text{—CH}_3$

1. Контрольная работа

1. Соединение $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_3$
относится к классу:

Ответ 1 : алканов

Ответ 2 : алкенов

Ответ 3 : алканолов

Ответ 4 : кетонов

Ответ 5 : альдегидов

2. Контрольная работа

Дайте названия следующих альдегидов, полученных из алканов:

- бутан
- гептан
- октан
- пропан
- пентан
- гексан

Свойства альдегидов

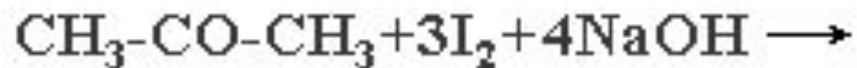
- Окисление бензальдегида аммиачным раствором серебра



- Напишите уравнения реакций.
- (видеоролик orb.exe в папке лабораторные опыты + кислородсодержащие соединения)

СВОЙСТВА КЕТОНОВ

- Взаимодействие ацетона с йодом.
 - Напишите уравнение реакции:



- (видеоролик or7.exe в папке лабораторные - опыты кислородсодержащие соединения)