

**Управление образования и науки
Тамбовской области**

**Тамбовское областное государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
"Котовский индустриальный техникум"**

Общие положения органической химии

**Методическая разработка
по дисциплине «Органическая химия»**

для студентов II курса
специальностей 18.02.07

Котовск

Пособие позволяет изучать студентам техникума вводную часть курса «органической химии». Материал излагается в сокращенном, доступном для самостоятельного изучения, объеме.

Заканчивается раздел контрольными вопросами позволяющими провести самоконтроль предложенного материала.

Содержание

1. <u>Предмет органическая химия</u>	5
2. <u>Краткая история развития органической химии</u>	7
3. <u>Значение органической химии</u>	8
4. <u>Источники органических соединений</u>	9
5. <u>Основные положения теории химического строения органических соединений А. М. Бутлерова</u>	9
6. <u>Особые свойства атома углерода</u>	11
7. <u>Явление изомерии</u>	12
8. <u>Электронное строение атома углерода</u>	13
9. <u>Ковалентная связь и ее характеристика</u>	23
10. <u>Классификация органических соединений</u>	26
11. <u>Элементный анализ органических веществ</u>	31
12. <u>Контрольные вопросы</u>	33

Общие понятия органической химии

Органическая химия является одним из важнейших разделов химической науки. Без глубоких знаний основ органической химии невозможно управление современным химическим производством. Потому при подготовке специалистов, работающих на химических предприятиях, связанных с органическим синтезом, необходимо уделять особое внимание изучению основных классов органических соединений, их свойствам, методам получения наиболее важных веществ.

Предмет органической химии

На земле имеется огромное количество разнообразных веществ. Одни из них нам дарит природа, другие создает искусственно сам человек. Все эти вещества делятся на два класса – органические и неорганические. В чем же отличие?

Органические вещества отличны от неорганических тем, что в их состав входит обязательно углерод, такие вещества изучает особая наука – органическая химия. Поэтому органическая химия называется химией соединений углерода.

Название «органическая» (от слова «организм», то есть живой) возникло давно, когда все продукты, к которым применялся этот термин, выделился из природных организмов (растительных или животных).

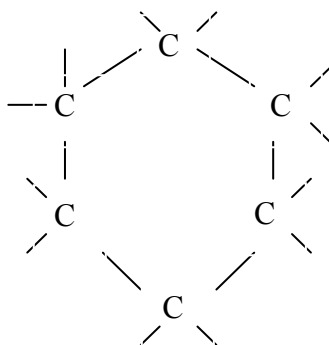
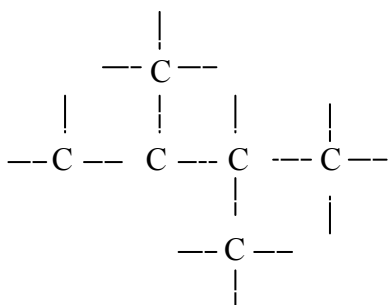
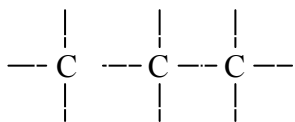
Кроме углерода почти все органические соединения содержат водород, довольно часто кислород, азот, галогены, серу, фосфор. Таким образом органическая химия изучает соединения углерода со многими элементами. Самые простые органические вещества – углеводороды, все многочисленные классы органических веществ – это производные углеводородов.

Органическая химия – это химия углеродов и их производных.

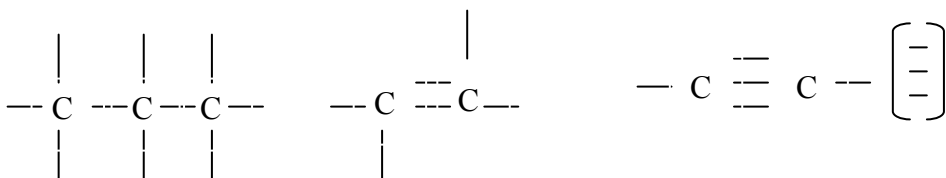
Как могло случиться, что органическая химия это наука, которая изучает соединения только одного элемента – углерода?

Первая основная причина: в том, что углерод является особым элементом в природе. Ни один элемент периодической системы

не способен соревноваться с ним в образовании такого многообразия соединений. Это связано со способностью углеродных атомов соединяться не столько с другими элементами, но и друг с другом, образуя при этом различные цепи: прямые, разветвленные, циклические.



Число углеродных атомов, входящих в эти цепи может быть различным. Атомы углерода могут связываться друг с другом не только простыми (одинарными) но и (=) и связями.



При этом атом углерода всегда проявляется валентность, равную четырем. Таким образом многочисленность органических соединений зависит от особых свойств основного элемента органических соединений – углерода.

В настоящее время известно более 10 млн. органических веществ (неорганических не > 600тыс.). Итак, богатство и

разнообразие мира органических соединений является первой и важной причиной выделения органической химии в самостоятельную науку.

Вторая причина: состоит в сложности и своеобразии органических веществ. Большинство органических веществ (в отличие от неорганических соединений) разрушаются при невысоких температурах, они кипят и плавятся при низких температурах. Также отличаются большим разнообразием химических превращений. При этом большинство органических реакций протекают гораздо медленнее – это обусловлено особенностью химической связи – ковалентной (в неорганических соединениях в основном ионная).

Кроме того, в органической химии встречается новые понятия и закономерности – изомерия и гомология, взаимное влияние атомов в молекуле.

Третья причина: очень многие органические вещества играют важную роль в жизни человека. Это пища, одежда, топливо, ВВ, бумага, красители, лекарства, моющие средства, обувь, органические удобрения и т.д. Диапазон соединений, изучаемых органической химией велик: от метана до белков и нуклеиновых кислот.

Краткая история развития органической химии.

Органическая химия – сравнительно молодая наука (около двух столетий). Однако человек давно уже познакомился с органическими веществами и их превращениями (это одежда, пища, топливо – органические вещества).

В самом начале человек не умел выделять органические продукты в чистом виде, но со временем он научился получать, перерабатывать и использовать природное органическое сырье (например получать вино, уксус, готовить мази, дубить кожу животных). Позже все вещества, окружающие человека стали делить на: минеральные, растительные и животные, стало известно, что вещества растительные и животные близкие по

значению, т.к. они включают одни и те же элементы, главным из которых является углерод. Такие вещества стали называть органическими, а раздел химической науки шведский ученый Берцелиус (1860 год) назвал «органической химией». Однако он ошибочно считал, что органические вещества могли быть получены только в живом организме и только с помощью «жизненной силы». Постоянно стали синтезировать органические вещества в лабораториях в 1828 году немецкий химик Велер синтезировал мочевины из неорганического вещества цианата аммония. В то время было известно, что мочевина выделяется с мочой.

В 1842 году русский химик Зинин Н. Н. получил из нитробензола анилин, который раньше выделяли из природного красителя. Таким образом было доказано, что химик, вооруженный знаниями и опытом, может не прибегая к «жизненной силе», получать в лаборатории любые химические вещества – как неорганические так и органические.

Значение органической химии.

Роль органической химии настолько велика, что трудно представить человечество без использования достижений этой науки.

Человек соприкасается с органическими веществами на протяжении всей своей жизни. Продукты питания – белки, жиры, углеводы. Одевает человека органическая химия – натуральные (хлопок, лен, шерсть, шелк), искусственные (ацетатное волокно), синтетические (капрон, лавсан, ткани). Синтетические каучуки – для изготовления обуви.

Трудно найти отрасль без органического сырья:

- 1) топливная промышленность используется нефть, газ, уголь
- 2) лакокрасочная промышленность – лаки, органические краски, эмали
- 3) медицинская промышленность в хирургии, сосудистые, протезы, клапаны сердца

4) фармацевтическая, витамины, гормоны, антибиотики

Органическая химия тесно соприкасается с биологией, медициной, физикой, математикой.

Источники органических соединений

Их можно разделить на две группы:

а) природные (нефть, газ, уголь, торф, продукты, лесного хозяйства)

б) синтетические (органический синтез)

Из природных источников органические вещества получают в готовом виде или путем переработки природного сырья. Синтетические получают искусственно. Из нефти – получают бензины, ГСМ. Природный газ – на 95% состоит из метана. Торф – источник органической кислот, фенолов, восков. Целлюлоза – бумаги, спиртов, эфиры, целлюлозы.

Синтетическим путем (органическим синтезом) можно получить огромное количество органических веществ (красители, лекарства, пропан).

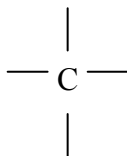
Преимущество органического синтеза в том, что он позволяет получать самые неожиданные соединения, которыми не располагает природа.

Основные положения теории химического строения органических соединений А.М. Бутлерова.

К середине XIX столетия ученые накопили огромный экспериментальный материал и располагали значительным количеством органических соединений. Бурное развитие промышленности требовало получение многих веществ, которых не могла человеку дать природа. Людям нужны были медикаменты, красители, взрывчатые вещества. Так возникла необходимость в целенаправленном синтезе многих веществ. Однако этому мешало отсутствие общей теории органической химии. Работа химиков того времени напоминала работу в темноте на ощупь.

В 1835 году Б.В. Велер писал «Органическая химия может сейчас кого угодно свести с ума. Она представляется мне дремучим лесом, полным удивительных вещей, безграничной чащей, из которой нельзя выбраться, куда не осмеливались проникнуть».

Для рождения теории были сделаны некоторые предпосылки. Например благодаря исследованиям Кекуле А. и Г. Кольбе (1857 год) и Купером (1858 год) стало известно, что углерод имеет валентность, равную четырем, и способен соединяться с другими атомами углерода, образуя цепи. Углеродный атом изображался символом «С» с четырьмя черточками:



Автором теории строения органических веществ стал выдающийся русский химик – профессор Казанского университета Александр Михайлович Бутлеров (1828 – 1886 г.г.).

Основные положения теории А.М. Бутлерова:

1. Атомы, входящие в состав органического вещества, не находятся в беспорядочном состоянии, а соединены между собой в определенной последовательности химическими связями, согласно законам валентности.

Определенный порядок и последовательность соединений атомов в молекуле А. М. Бутлеров назвал *химическим строением*.

2. Свойства вещества зависят не только от того, какие атомы и сколько их входит в состав молекулы, но и от того в какой последовательности они соединены между собой в молекуле (то есть от химического строения).

3. Атомы и группы, входящие в молекулу оказывают влияние на химическое поведение друг друга. Особенно это

заметно, когда атомы или группы связаны друг с другом непосредственно.

4. Зная свойства веществ, можно установить его строение. И наоборот, химическое строение органического соединения многое говорит о его свойствах.

5. Строение молекулы можно выразить при помощи структурной формулы, которая для данного вещества является единственной.

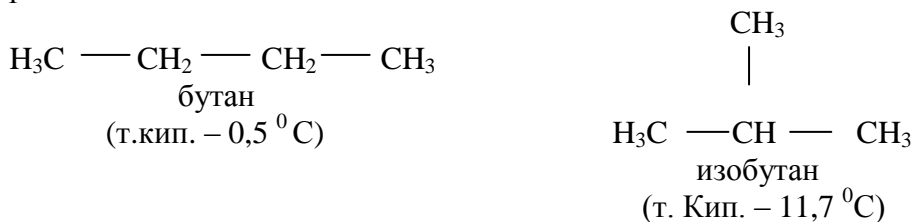
Теория химического строения позволила посмотреть на молекулу как на систему, в которой существует порядок связи, между атомом сохраняя свою научную основу. Учение А.М. Бутлерова стало фундаментом современных теоретических представлений в органической химии.

Особые свойства атомов углерода и его соединений

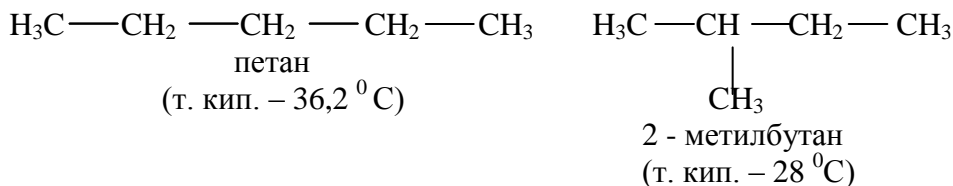
1. Во всех органических соединениях углерод четырех валентен
2. Он способен образовать простые и сложные молекулы
3. Связи между углеродными атомами, в этих молекулах могут быть:
 - простые – одинарные
 - кратные – двойные
тройные
4. В реакциях, протекающих при нормальных условиях эти связи не разрываются. В реакциях синтеза, расщепления происходит образование или разрыв этих связей без нарушения остальных
5. Для соединения углерода характерно явления изомерии.

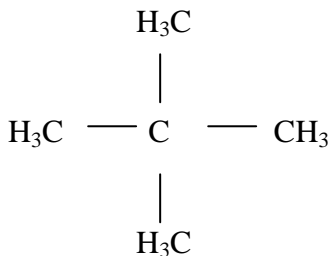
Явление изомерии

После теории А. М. Бутлерова одним из загадочных явлений в органической химии было существование веществ, имеющих один и тот же состав и одну и ту же молекулярную массу, но, как выяснилось позже, различающихся строением молекул. Эти вещества обладали разными свойствами. Такое явление химики назвали *изомерией* (от греч. isos - равный). Например, до создания теории строения было известно лишь одно вещество состав C_4H_{10} – бутан, который имеет линейное строение углеродной цепи. А. М. Бутлеров предсказал возможность существования еще одного вещества с той же молекулярной формулой, но с другой последовательностью соединения углеродных атомов в молекуле. Такое вещество было затем получено и названо «изобутаном», то есть изомером бутана. У изобутана другое, чем у бутана, строение углеродной цепи – разветвление:



Для углеводорода C_5H_{12} существуют три изомера:





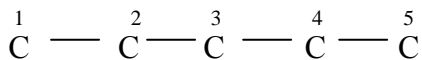
2,2 - диметилпропан
(т. Кип. – 9,5 °С)

Изомеры – это вещества, которые имеют одинаковую молекулярную формулу (один и тот же элементный состав, а значит – и молекулярную массу молекулы), но различное химическое строение (различные структурные формулы), а поэтому обладают разными свойствами.

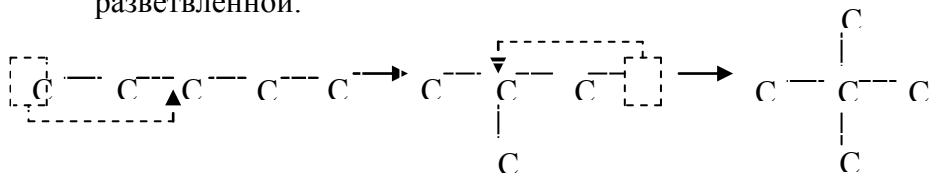
В органической химии существует несколько типов изомерии. Мы познакомимся с самым простым типом – *структурной изомерией*. В этом случае изомеры отличаются друг от друга только порядком связи между атомами в молекуле. Однако даже структурная изомерия имеет несколько разновидностей – *изомерия углеродного скелета*. Она зависит от порядка соединения между собой углеродных атомов в углеродной цепи. С изомерией углеродного скелета мы уже познакомились на примере изомеров бутана и пентана.

Как определить число изомеров углеродного скелета для углеводорода с определенной молекулярной формулой? Обычно с этой целью поступают так:

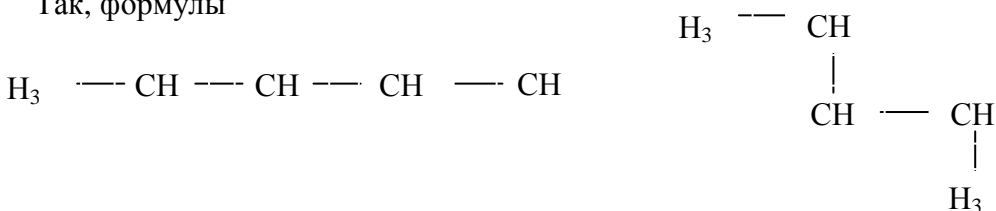
1. Согласно числу углеродных атомов в молекуле записывают углеродный скелет (углеродную цепь). Например, для молекулы пентана C_5H_{12} углеродная цепь состоит из пяти атомов углерода:



2. Затем «отщепляют» крайние углеродные атомы (C¹ или C⁵) и располагают их у оставшихся в цепи углеродных атомов. Добиваясь при этом максимального числа различных перестановок. В результате первоначальная («прямая») углеродная цепь укорачивается и становится более разветвленной:

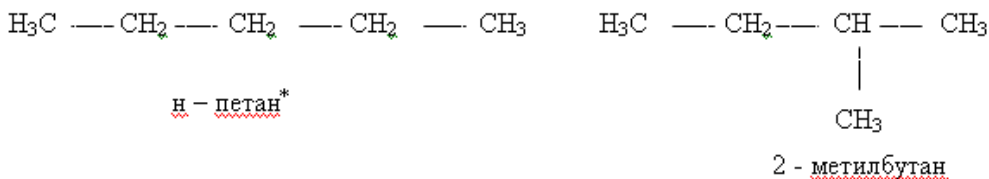


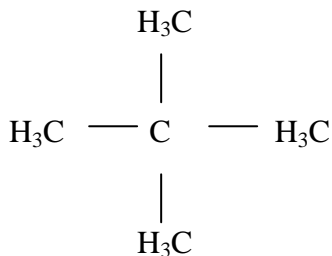
При этом надо помнить, что произвольное «искривление» формулы углеводорода не приводит к появлению нового изомера. Так, формулы



выражают одно и то же соединение – пентан. Таким образом, образование новых изомеров происходит только в том случае, когда нарушаются связи между атомами.

3. И наконец, соблюдая условия четырехвалентности углеродных атомов. Заполняют оставшиеся валентности атомами водорода:

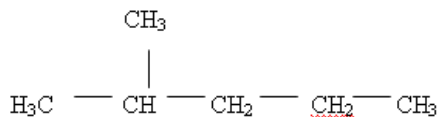




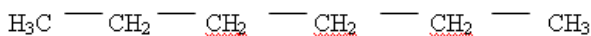
2,2 – диметилпропан

Итак, у пентана три изомера: один – с нормальной цепью, два других – с разветвленной (изостроения).

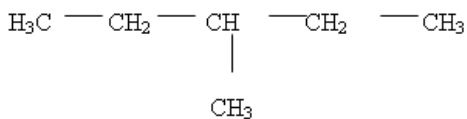
Поступая аналогичным образом, получим пять изомеров для гексана C_6H_{14} :



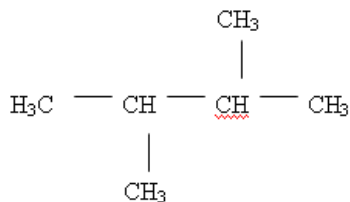
2 - метилпентан



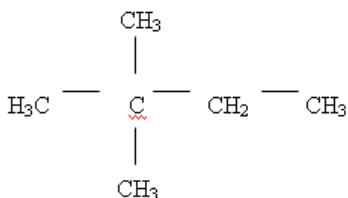
н - гексан



3 - метилпентан

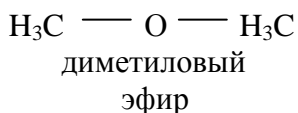
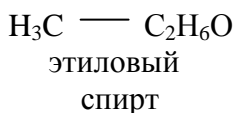


2,3 - диметилбутан



2,2 - диметилбутан

В приведенных примерах в основу цепи молекулы (нормальной или разветвленной) входят только углеродные атомы. Это углеродный скелет. Если же в этой цепи углеродные атомы чередуются с другими атомами, то появляются изомеры, которые *различаются порядком связи между различными атомами*. Например, одной и той же молекулярной формуле $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ соответствуют два совершенно различных по строению вещества – этиловый спирт и диметиловый эфир:



У этих соединений различное расположение атомов в молекуле. В молекуле этилового спирта атом кислорода находится между углеродом и водородом, а в молекуле эфира – между двумя углеродными атомами. Такая разница в соединении атомов между собой является причиной различных свойств этих веществ. Так, металлический натрий реагирует только со спиртом, но не с эфиром. Этиловый спирт – жидкость, диметиловый эфир – газ.



Количественный анализ – определяет в каком количестве соотношения входят элементы в органическое вещество.

Зная массовую долю каждого элемента в веществе устанавливается простейшая формула вещества. Для установления истинной формулы необходимо знать молекулярную массу вещества, которая определяется по формуле

$$M=2D_{N_2}$$

$$M=32 D_{O_2}$$

$$M=29 D_{\text{в-ха}}$$

$$M=28 D_{N_2}$$

Задача 1: Установить истинную формулу вещества, если при полном сгорании 13,8 грамм его выделяется 26,4 грамм углекислого газа и 16,2 грамм воды. Плотность воды по водороду равна 23.

Дано:

$$m(\text{в-ва})=13,8\text{г}$$

$$m(\text{CO}_2)=26,4\text{г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})=16,2\text{г}$$

$$D_{N_2}=23$$

Решение:

1. определяем количество моль углерода в углекислом газе

$$\boxed{n(\text{CO}_2)=m/M} \Rightarrow 26,4 / 44=0,6 \text{ моль CO}_2$$

$$n(\text{CO}_2)=n\text{C}$$

$$n\text{C}=0,6 \text{ моль}$$

Найти: $C_xH_yO_z$ -?

2. Определяем массу углерода

$$\boxed{m_c = n M} \Rightarrow 0,6 * 12 = 7,2 \text{ грамм}$$

3. Определяем количество моль в воды

$$n(\text{H}_2\text{O})=m/M \Rightarrow 16,2/18=0,9 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O})=2 n[\text{H}]$$

$$n_{\text{H}}=2 * 0,9=1,8 \text{ моль}$$

4. Определяем массу атома водорода

$$m(\text{H})=n M=1,8 * 1=1,8 \text{ грамм}$$

5. Расчетным путем установления имеется ли в органическом веществе кислород

$$m_{\text{O}} = m_{\text{общ}} - (m_{\text{C}} + m_{\text{H}})$$

$$m_{\text{O}} = 13,8 - (7,2 + 1,8) = 4,8 \text{ грамм}$$

6. Чтобы установить простейшую формулу вещества необходимо разделить массу или массовую долю каждого элемента на его атомарную массу

$$C_x : H_y : O_z = 7,2/12 : 1,8/1 : 4,8/16 = 0,6 : 1,8 : 0,3$$

Находим в соотношении наименьшее и делим на него:

$$C_x : H_y : O_z = 0,6 : 1,8 : \underline{0,3} = 2 : 6 : 1$$

Простейшая формула C_2H_6O

7. Определяем молекулярную массу простейшей формулы

$$M_{C_2H_6O} = 2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 16 = 46 \text{ грамм/моль}$$

8. Определяем молекулярную массу истинной формулы

$$M_{\text{ист}} 2DH_2 = 2 \cdot 23 = 46 \text{ грамм/моль}$$

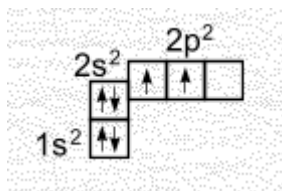
9. Истинная формула соответствует простейшей, т.е. C_2H_6O

Электронное строение атома углерода. Гибридизация и гибридные орбитали

Атом углерода – основа органических веществ, поэтому его электронное строение представляет собой интерес при изучении органической химии.

Углерод – первый элемент IV группы периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Два его электрона (в состоянии $1s^2$) находятся на внутреннем К – уровне, а на внешнем, L – уровне, четыре электрона (в состоянии $2s^2 2p^2$).

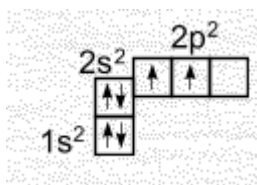
Электронная конфигурация изолированного атома углерода в основном (невозбужденном) состоянии выглядит так:



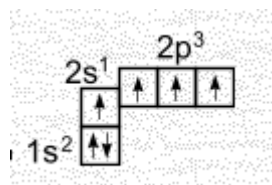
или



В этой схеме число неспаренных электронов на p – подуровне не совпадает с его обычной четырехвалентностью (известно, что валентность атома связывают с числом неспаренных электронов на его внешнем энергетическом уровне). Согласно же приведенной схеме распределения электронов по орбиталям может показаться, что у углерода валентность равно двум. Это противоречие можно устранить, если принять во внимание, что атом углерода (как и любой другой) во время химической реакции *возбуждается* – меняет свое электронное состояние (условно обозначается C^*). При этом происходит распаривание $2s$ – электронов и переход одного из них на свободную $2p$ – орбиталь:



Нормальное(C)



возбужденное (валентное)
состояние (C)

В результате такого перехода электронов на внешнем энергетическом уровне атома углерода оказывается четыре неспаренных электрона – один $2s$ и три $2p$. Это, естественно, требует определенной энергии, но она затем с избытком компенсируется при образовании четырех ковалентных связей.

Таким образом, атом углерода в органических соединениях находится в возбужденном состоянии и его валентность равна четырем.

Четыре не спаренных электрона, которые находятся на L – уровне атома углерода, различны по своему состоянию (один $2s$ и три $2p$). Это предполагало, что неравноценными могут быть и четыре связи, которые образует углеродный атом с любым другим атомом (например, водородом). Например, в молекуле

метана одна из связей будет образована только s – электронами ($s - s$ – связь), а три других – s – и – p – электронами ($s - p$ связи). В действительности же, в симметрично построенных органических соединениях (например, в CH_4 и CCl_4) все четыре связи ($\text{C} - \text{C}$ или $\text{C} - \text{Cl}$) одинаковы. Для объяснения этого факта было введено понятие о *гибридизации* (смешение) орбиталей.

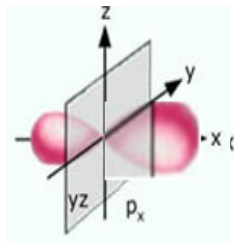


Рис.4. Схема гибридной sp – орбитали

Согласно этой гипотезе электроны в молекулах распределяются не на «чистых» s – и p – орбиталях, а на усредненных, обладающих одинаковой энергией. Такие электронные орбитали называют *гибридными*. Их форма отличается от форм исходных $2s$ – и $2p$ –орбиталей и представляет собой неправильную «восьмерку», один из «лепестков» который значительно вытянут и имеет большую электронную плотность (рис.4).

Такие гибридные орбитали в большей степени, чем обычные, могут перекрываться с орбиталями других атомов.

Для атома углерода возможны три типа гибридизации (три *валентных состояния*).

sp^3 – **Гибридизация** – смешение одной $2s$ - и трех $2p$ – орбиталей. Все четыре гибридные орбитали строго ориентированы в пространстве под углом $109^{\circ}28'$ друг к другу, создавая утолщенными « лепестками» геометрическую форму – *тетраэдр* (рис.5). Поэтому sp^3 –гибридизованный атом углерода часто называют «тетраэдрическим». Состояние углеродного атома с sp^3 – гибридными орбиталями (первое валентное состояние) характерно для предельных углеводородов – алканов.

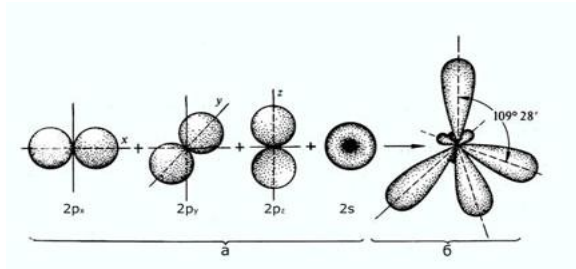


Рис.5. Схема образования sp^3 – гибридных орбиталей:
 а – негибридизированные орбитали атома углерода;
 б – орбитали атома углерода в состоянии sp^3 – гибридизации

sp^2 – **Гибридизация** – смешение одной $2s$ - и двух $2p$ – орбиталей. Три гибридные орбитали расположены в одной плоскости под углом 120° друг к другу (форма трехлопастного пропеллера) (рис.6). Оставшаяся $2p$ – орбиталь не гибридизирована и перпендикулярна плоскости, в которой расположены три sp^2 – гибридные орбитали. Состояние атома углерода с sp^2 – гибридными орбиталями (второе валентное состояние) характерно для непредельных углеводородов ряда этилена – алкенов.

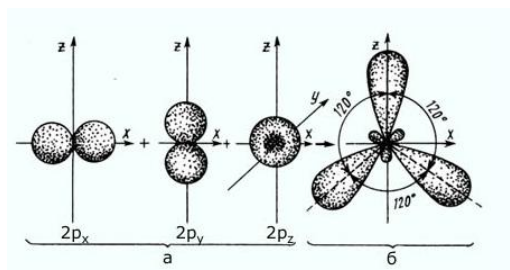


Рис.6. Схема образования sp^2 – гибридных орбиталей:
 а – негибридизированные орбитали атома углерода;
 б – орбитали атома углерода в состоянии sp^2 – гибридизации

sp – **Гибридизация** – смешение одной $2s$ - и одной $2p$ – орбитали. Две гибридные орбитали расположены на одной прямой линии под углом 180° друг к другу (рис.7). Остальные две негибридизированные $2p$ – орбитали расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях. Состояние атома углерода с sp –

гибридными орбиталями (третье валентное состояние) характерно для непредельных углеводородов ацетиленового ряда – алкинов.

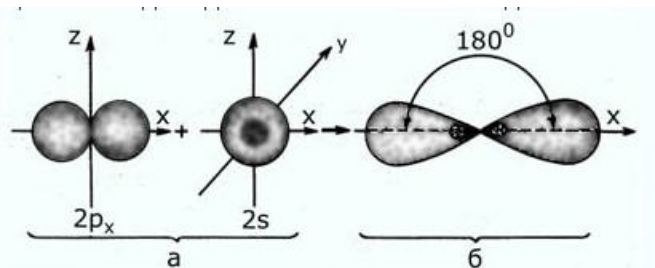


Рис.7. Схема образования sp – гибридных орбиталей:
 а – негибридизированные орбитали атома углерода;
 б – орбитали атома углерода в состоянии sp – гибридизации

Связь между типом гибридизации орбиталей и характер углеродных атомов показано в таб.3.

Таблица 3. Гибридные орбитали и характер углеродных атомов

Состояние углеродного атома	Орбитали				Валентное состояние атома углерода	Тип гибридизации и строения молекулы
	2s	2p _x	2p _y	2p _z		
Возбужденное, исходное состояние	2s	2p _x	2p _y	2p _z	-	-
Возбужденное, в алканах	2sp ³	2sp ₃	2sp ³	2sp ³	I	(sp ³) Тетраэдрическое
Возбужденное, в алкенах	2sp ²	2sp ₂	2sp ²	2p	II	(sp ²) Тригональное (плоскостн)

						оe)
Возбужденное, в алкинах	2 sp	2 sp	2p	2p	III	(sp) Диагональ ное (линейное)

Однако гибридизация – всего лишь *гипотеза*, не подтвержденная экспериментально. Но она является настолько плодотворной, что позволяет судить о химической связи в органических соединениях и об их пространственном строении.

Ковалентная связь. Характеристики ковалентной связи

Основная химическая связь в органических соединениях – ковалентная связь. Этот тип связи образуется при взаимодействии атомов, электроотрицательности, которые равны или отличаются незначительно.

Ковалентная связь образуется в результате обобщения валентных электронов, которые до образования связи принадлежат двум атомам.

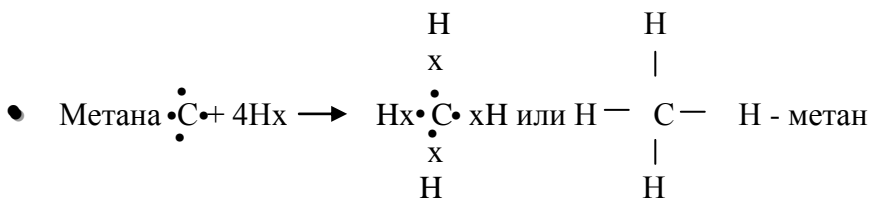
Например: $A \cdot + \cdot B \rightarrow A : B$

$A \cdot$ и $\cdot B$ - атом с валентными электронами, которые обозначены точками

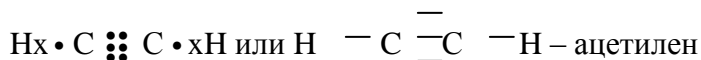
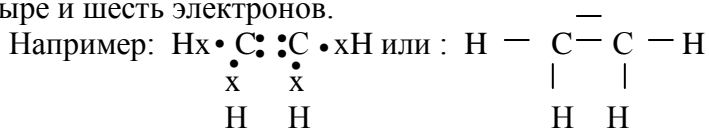
В результате в результате образования молекулы, оба электрона становятся общими для двух ядер. Так образуется единое электронное облако – молекулярная орбиталь.

Например, образование ковалентной связи в молекулах:

- Водорода $H \cdot + \cdot H \rightarrow H : H$ или $H - H$ - водород



В процессе обобщения могут вовлекаться не только два, но и четыре и шесть электронов.

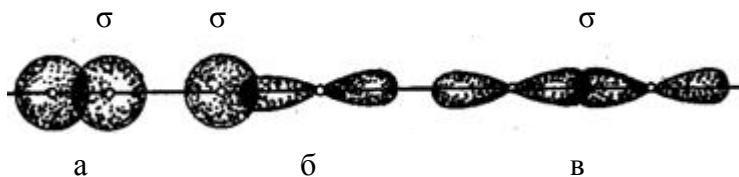


Молекулы водорода, метана, этилена, ацетилена изображены в виде двух формул электронной (электроны атомов, составляющих молекулу обозначены точками); структурной (каждая черточка обозначает пару электронов).

Если химическая связь между атомами осуществляется одной парой электронов, то ее называют одинарной (простой) связью или σ (сигма) связью.

Связь, образованная при перекрывании двух орбиталей, лежащая на одной прямой с центрами связанных атомов называется σ связью. Чем больше область малого перекрывания, тем большая электронная плотность сосредоточена в пространстве между ядрами и тем сильнее они стягиваются. Поэтому σ – связь обладает большой прочностью.

Например:



а – перекрывание
б – орбиталей
атомов водорода
(H - H)

б – перекрывание
s – орбитали
водорода с
гибридной
орбиталью
атома углерода

в – перекрывание двух
гибридных орбиталей
атомов углерода
(C - C)

Если ковалентная связь образована двумя или тремя электронными парами, то она называется кратной. Такая связь может быть двойной (с участием двух пар электронов) или тройной (с участием трех пар электронов).

Кратная связь состоит из σ связи и одной или двух π (пи) – связей.

Π (пи) связь образована перекрыванием двух (по одной от каждого атома) не гибридизированных p – орбиталей, область перекрывания лежит над плоскостью и под плоскостью от центра связанных атомов.

Область перекрывания p – орбиталей при образовании p – связи, p – связь незначительна, поэтому σ – связь и легко разрывается.

Характеристики ковалентной связи

Большим достижением современной науки является возможность дать каждой химической связи точную численную характеристику в нее входят:

- Геометрические параметры: длина связи, энергия связи, валентный угол;
- Электронные параметры: полярность и поляризуемость;

Длина связи – это расстояние между центрами связанных атомов. Выражается в нанометрах ($1 \text{ Нм} = 10^{-9} \text{ м}$). Зависит длина связи от природы атомов и характера связи между ними (одинарная, двойная, тройная). С повышенной кратностью длина связи становится короче

$(\text{C} - \text{C}) - 0,154 \text{ Нм}$; $(\text{C} = \text{C}) - 0,134 \text{ Нм}$; $(\text{C} \equiv \text{C}) - 0,120 \text{ Нм}$

Энергия связи – величина, характеризующая прочность связи.

При образовании ковалентной связи всегда выделяется энергия, измеряется в КДж/моль.

Валентный угол – угол между направлениями связей в многоатомной молекуле.

Валентный угол атома углерода в органических веществах зависит от валентного состояния, то есть от типа гибридизации.

Полярность связи указывает на характер распределения электронов между связанными атомами и на имеющийся на атомах заряд.

Полярность связи определяется степенью смещения электронной плотности между атомами в молекуле. Поэтому ковалентная связь может быть полярной (если центры тяжести отрицательных и положительных зарядов не совпадают), неполярной (центры тяжести отрицательных и положительных зарядов совпадают).

Образование полярных молекул связано с электроотрицательностью атомов, входящих в состав молекулы.

Атом углерода в зависимости от валентного состояния обладает различной электроотрицательностью $C(sp) > C(sp^2) > C(sp^3)$.

В результате смещения электронной плотности в стороны электроотрицательного атома возникают частичные (неполные) заряды, которые обозначаются σ^+ и σ^- - (само смещение указывается стрелкой) $H_3C^{\sigma^+} \quad \sigma^-Cl \quad \longrightarrow$

Поляризуемость – способность ковалентной связи изменять свою полярность, например, под влиянием внешнего воздействия. При этом происходит смещение электронов по отношению к ядрам.

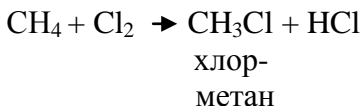
П – связь поляризуется гораздо легче, чем σ – связь.

Классификация органических реакций и их механизм

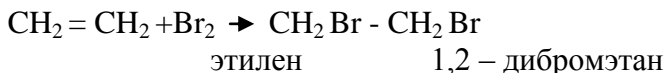
Все органические реакции классифицируют или *по характеру химических превращений* или *по механизмам их протекания*.

По характеру химических превращений органические реакции делят на следующие типы.

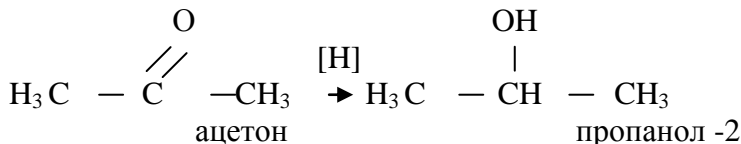
Реакции замещения. Один атом (или группа атомов) замещается на другой атом (или группу атомов) с образованием новой молекулы:



Реакция присоединения. В этом случае из двух (или нескольких) молекул образуется одно новое вещество:

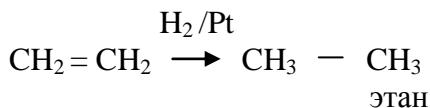


Реакция восстановления (действие восстанавливающего реагента обозначают символом [H]):

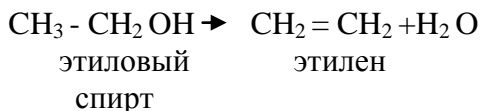


Реакция восстановления противоположна реакции окисления.

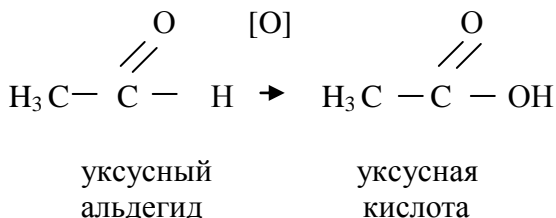
Реакция гидрирования: в результате этой реакции происходит разрыв кратной связи.



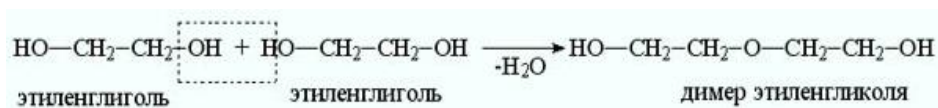
Реакция отщепления. В результате этой реакции образуется новое вещество, содержащее кратную связь:



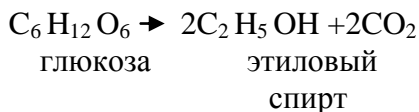
Окисление – реакция, при которой под действием окисляющего реагента (его обозначение [O]) образуется новое соединение:



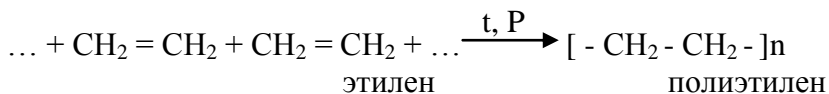
Реакция конденсации и поликонденсации. В результате соединения нескольких молекул друг с другом, сопровождается выделением простых веществ (H_2O , NH_3 и др.), образуется сложное вещество с более высокой молекулярной массой:



Реакция разложения (расщепления) приводит к образованию новых веществ более простого строения:



Реакции полимеризации. В результате уплотнения молекул, рвутся кратные связи, и образуются высокомолекулярные соединения.

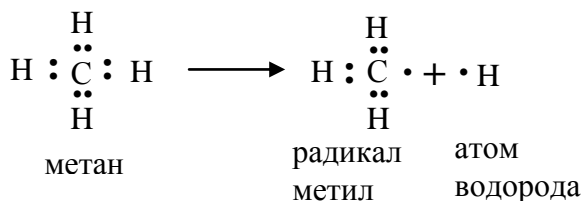


Однако органические реакции удобнее классифицировать по их механизмам. Под механизмом химической реакции понимают путь, который приводит к разрыву старой связи и образованию новой.

Классификация органических реакций по механизмам.

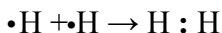
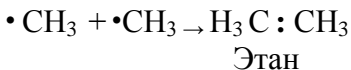
Классифицируя реакции по их механизмам, прежде всего обращают внимание на способ разрыва ковалентной связи в реагирующей молекуле. Таких способов два:

1. Гомолитический (радикальный) разрыв ковалентной связи заключается в том, что связующая электронная пара разъединяется, причём каждый из образующихся свободных радикалов сохраняет один неспаренный электрон, оставаясь электронейтральной частицей:



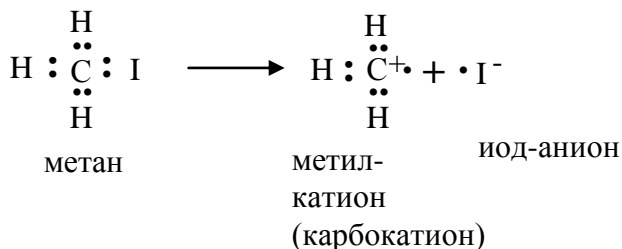
(C-C; N-N; C-H) при высокой температуре. Под действием ультрафиолетового света или радиоактивного излучения.

Образовавшиеся при гомолитическом разрыве связи радикалы и свободные атомы неустойчивы и способны существовать лишь очень непродолжительное время. Эти реакционноспособные частицы подвергаются дальнейшим превращениям, переходя в устойчивые конечные продукты. Так, например. Радикал метил и атом водорода могут стабилизироваться путем димеризации:



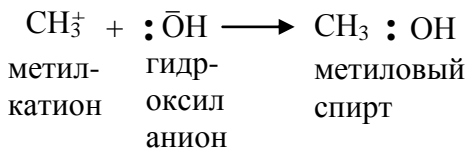
2. Гетеролитический (ионный) разрыв ковалентной связи приводит к образованию заряжённых осколков – катионов и анионов. Связующая электронная пара не разъединяется, а

целиком отходит к одному из атомов, который приобретает отрицательный заряд, превращаясь в анион. Вторая частица, лишившись электрона, приобретает положительный заряд, становясь катионом:



К гетеролитическому разрыву склонны сильно полярные и легко поляризуемые связи. Ему способствуют растворители с высокой диэлектрической проницаемостью и большой полярностью.

Карбокатионы неустойчивы, как и свободные радикалы. Они легко вступают в реакции с частицами, обладающими избытком электронной плотности в виде полного или частичного отрицательного заряда. А также свободными электронными парами. Такие частицы называются нуклеофилами «любящими ядра».



К нуклеофильным реагентам относятся: вода, щелочи, аммиак, кислотные остатки, например $-\text{CN}$, $-\text{SO}_3\text{H}$.

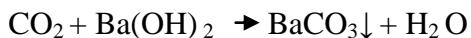
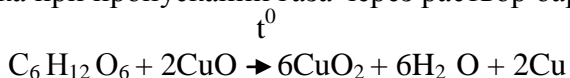
Качественный и количественный элементный анализ органических соединений

Для получения полной информации о составе и строении органического вещества вначале проводят его полный *элементный анализ*, а затем – специальные физико-химические исследования, позволяющие установить его структуру.

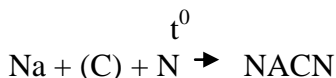
Элементный анализ определяет качественный и количественный состав вещества. Данные качественного анализа позволяют судить о тех элементах, из которых состоит вещество, а количественный анализ – о количестве (%) каждого из этих элементов. На основании качественного и количественного элементного анализа устанавливают молекулярную формулу вещества.

I. Качественный анализ. Органическое вещество вначале разрушают, сжигая его, а затем превращают определяемые элементы в простые неорганические соединения, которые открывают известными химическими реакциями.

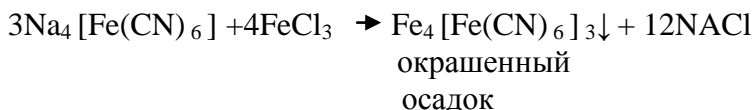
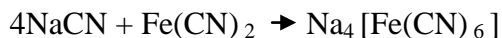
1. *Углерод и водород* определяют совместно при сжигании вещества в присутствии оксида меди (II). Углерод при этом образует диоксид углерода, а водород – воду. Вода легко обнаруживается по запотеванию стенок пробирки, в которой происходило сжигание, а CO_2 – по выпадению мутного осадка при пропускании газа через раствор баритовой воды:



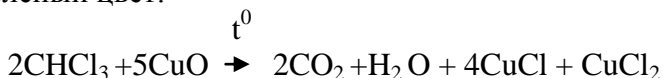
2. Для открытия *азота* вещество сплавляют с металлическим натрием. При этом натрий соединяется с частью углерода и азота органического вещества, образуя цианид натрия:



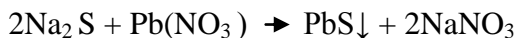
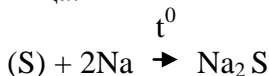
(в скобках показаны элементы, входящие в состав органического вещества). К сплаву добавляют дистиллированную воду, растворы сульфата и хлорида железа. После подкисления выпадает темно – синий осадок берлинской лазури (гексацианоферрата (II) железа (I I I) – калия):



3. *Галогены* легко открывают *реакцией Бейльштейна*. При прокаливании в пламени горелки медной проволоки или пластинки, на которую нанесено органическое вещество, содержащее галоген. Пламя окрашивается в интенсивно зеленый цвет.



4. *Сера* при сплавлении с металлическим натрием образует сульфид натрия, который легко определяют в виде черного осадка сульфида свинца:



Контрольные вопросы

1. Что такое органическая химия? Что она изучает?
2. Почему в середине XIX столетия возникла необходимость в создании теоретических основ органической химии?
3. Сформулируйте основные положения теории химического строения органических соединений А.М. Бутлерова. Приведите примеры практического подтверждения этой теории.
4. Чем объясняется многообразие органических соединений?
5. Какие соединения называют изомерами? Напишите структурные формулы всех изомеров гексана C_6H_{14} и гептана C_7H_{16} .
6. Что такое электронная орбиталь? Изобразите схематически орбитали 1s-, 2s- и 2p – электронов.
7. Объясните понятие «гибридизация орбиталей». Какие три типа гибридизации возможны для атома углерода?
8. В чем заключается переход атома углерода в «возбужденное» состояние?
9. Что следует помнить под термином « sp^3 – гибридизация»? Как расположены sp^3 – гибридные орбитали в пространстве относительно друг друга? Для каких соединений характерен этот тип гибридизации?
10. Под каким углом в плоскости расположены sp^2 – гибридные орбитали? Напишите формулу органического соединения, в котором атом углерода находится в состоянии sp^2 – гибридизации.
11. Какой тип гибридизации у атома углерода в молекуле ацетилена? Под каким углом друг к другу расположены sp – гибридные орбитали?
12. Какими параметрами характеризуется ковалентная связь?
13. Какие связи называют кратными? Из какой комбинации связей состоит двойная и тройная связи?
14. На какие типы можно разделить органические реакции по характеру химических превращений?

15. Какие вы знаете два механизма разрыва ковалентной связи? Каким характером может обладать атакующий реагент?
16. Какая частица называется свободным радикалом? Какими свойствами она обладает? Как образуются органические ионы?
17. Что называется элементным анализом органических соединений?
18. Как качественно и количественно определить углерод, водород, азот и серу?
19. Какие основные свойства углерода используют при написании структурных формул? Почему структурные формулы называют также формулами строения?
20. Открыть углерод и водород в сахарозе $C_{12}H_{22}O_{11}$
21. Написать все возможные изомеры для C_6H_{14}
22. Решить задачу: При сжигании органического вещества массой 31,2 грамм образовалось 53,76 литра углекислого газа и 21,6 грамм воды. Плотность вещества по воздуху 2,69. Установить истинную формулу вещества.

Список используемой литературы

1. А. И. Артеменко «Органическая химия» М., «Высшая школа 2000»
2. В. М. Потапов, С. Н. Тарингик «Органическая химия» М., Издательство химия 2016г.
3. С. С. Бердоносков, Е. А. Менделеева «Химия новейший справочник» Москва «Махаон» 2016
4. Т. И. Хаханина, Н.Г. Осипенков, А.А. Турская «Органическая химия» Москва, ЮРАЙТ, «Высшее образование 2015»

