

Основные классы органических соединений

Для классификации органических соединений по типам и построения их названий в молекулах выделяют *углеродный скелет* и *функциональные группы*.

Органические соединения могут иметь открытую и замкнутую цепи и соответственно называются *ациклическими* (алифатическими) и *циклическими* соединениями. Ациклические соединения с одинарными (не кратными) связями между атомами углерода называют *предельными*, а с двойными или тройными связями между атомами углерода – *непредельными* соединениями. Циклические соединения в свою очередь подразделяются на *карбоциклические* и *гетероциклические* соединения (содержащие в цикле не углеродные атомы: N, O, S, P).

В состав органических соединений могут входить также кремний, металлы и другие элементы. Такие соединения называются *элементорганическими*, а соединения, содержащие металлы, называются *металлорганическими*.

Классификацию углеводородов можно представить в виде следующей схемы:



В соответствии с международной систематической номенклатурой названия органических соединений строятся из названия главной цепи, образующего корень слова, и названий заместителей, используемых в качестве приставок или суффиксов. Число углеродных атомов в цепи (кольце) обозначают греческими числительными. С помощью суффиксов или

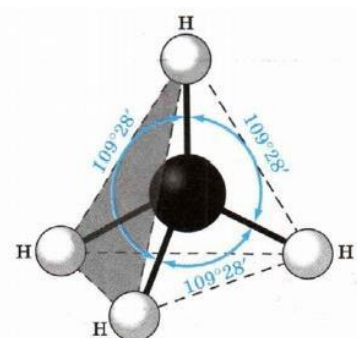
префиксов обозначают классы соединения. Например, суффикс **-ан** входит в названия предельных соединений (пропан - C₃H₈), **-ен** - соединений с двойной связью, **-ин** - соединений с тройной связью в основной цепи, **-ол** - спиртов, префикс - **цикло** - циклических соединений. *Функциональные группы определяют свойства органических соединений и позволяют разделить их по классам.*

Таблица 1. Важнейшие функциональные группы органических соединений

Функциональная группа	Название	Классы соединений
-F, -Cl, -Br, -I	Галоген	Галогенпроизводные
-OH	Гидроксил	Спирты, фенолы
>C=O	Карбонил	Альдегиды, кетоны
-COOH	Карбоксил	Карбоновые кислоты
-NO ₂	Нитрогруппа	Нитросоединения
-NH ₂	Аминогруппа	Амины

1. Алканы - это предельные углеводороды ациклического строения. Их называют также парафинами от латинского сочетания *parum affinitas*, что означает «мало сродства». Формула гомологического ряда алканов C_nH_{2n+2}.

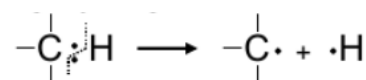
Строение алканов. Простейшим представителем ряда алканов и, конечно, одним из простейших органических соединений является метан CH₄. Каждый из четырех атомов водорода в метане связан с атомом углерода ковалентной σ-связью за счет общей электронной пары. Электронные орбитали атомов углерода находятся в состоянии sp³ – гибридизации. Гибридные орбитали, а, значит, и связи каждого атома углерода направлены к вершинам тетраэдра. Валентный угол в молекуле метана и его гомологов составляет 109°28'.



Вокруг одинарной углерод-углеродной связи возможно практически свободное вращение, и молекулы алканов могут приобретать самую разнообразную форму. Длина связи составляет 0,154 нм. Молекулы имеют

зигзагообразную форму с углами при атомах углерода, близкими к тетраэдрическому ($109^{\circ}28'$). Углеродный скелет молекул алканов может иметь как нормальное, так и разветвленное строение. В молекулах гомологов метана различают первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода по числу связей с другими атомами углерода.

Связи С-С в молекулах алканов являются ковалентными неполярными, а связи С-Н – ковалентными полярными. Однако значения электроотрицательности атомов углерода и водорода близки и равны соответственно 2,5 и 2,1 по Полингу. Поэтому по свойствам С-Н близка к неполярной и проявляет склонность гомолитическому разрыву с образованием свободных радикалов:



Номенклатура алканов. Первые четыре алкана названы – метан, этан, пропан и бутан. Эти названия, наряду с названиями изобутан, неопентан, считаются случайными, или тривиальными. Начиная с пятого члена ряда, названия алканов происходят от названия греческих числительных, обозначающих число атомов углерода в молекуле с добавлением общего для всего гомологического ряда алканов окончания *-ан*.

Таблица 2. – Гомологический ряд алканов и алкильных радикалов

состав алкана	название	алкильный радикал	название радикала
CH ₄	метан	CH ₃	метил
C ₂ H ₆	этан	C ₂ H ₅	этил
C ₃ H ₈	пропан	C ₃ H ₇	пропил
C ₄ H ₁₀	бутан	C ₄ H ₉	бутил
C ₅ H ₁₂	пентан	C ₅ H ₁₁	амил
C ₆ H ₁₄	гексан	C ₆ H ₁₃	гексил
C ₇ H ₁₆	гептан	C ₇ H ₁₅	гептил
C ₈ H ₁₈	октан	C ₈ H ₁₇	октил
C ₉ H ₂₀	нонан	C ₉ H ₁₉	нонил
C ₁₀ H ₂₂	декан	C ₁₀ H ₂₁	децил

Приставка *n-* (*n*-пентан) используется для обозначения неразветвленных алканов независимо от величины; приставка *изо* – для алканов с шестью или

Алканы с числом атомов углерода от 5 до 15 при обычных условиях бесцветные жидкости, имеющие запах бензина или керосина; начиная с углеводорода $C_{16}H_{34}$ – твердые, белые, воскоподобные вещества, лишенные запаха из-за их малой летучести. Алканы практически нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в неполярных органических растворителях, например, в бензоле. Плотность жидких алканов немного меньше, чем у воды.

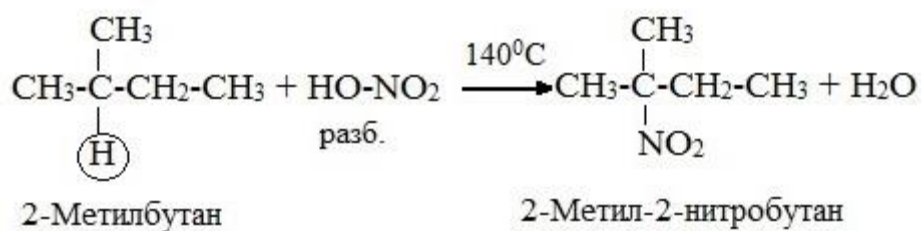
Химические свойства алканов. М.И. Коновалов назвал предельные углеводороды «химическими мертвецами». Действительно, в обычных условиях алканы не реагируют с концентрированными кислотами (серная и азотная) и щелочами и устойчивы к действию сильных окислителей (перманганат калия, хромовая смесь).

Поскольку в алканах связи C–C неполярные, а C–H-связи слабо полярные, то для них наиболее характерны реакции радикального замещения атомов водорода на другие атомы или группы атомов, протекающие в довольно жестких условиях – при УФ-освещении или сильном нагревании. При высоких температурах могут протекать реакции с разрывом связей C–C, а также дегидрирование и ароматизация. Наконец, как и для большинства органических веществ, алканы могут вступать в реакции горения и каталитического окисления.

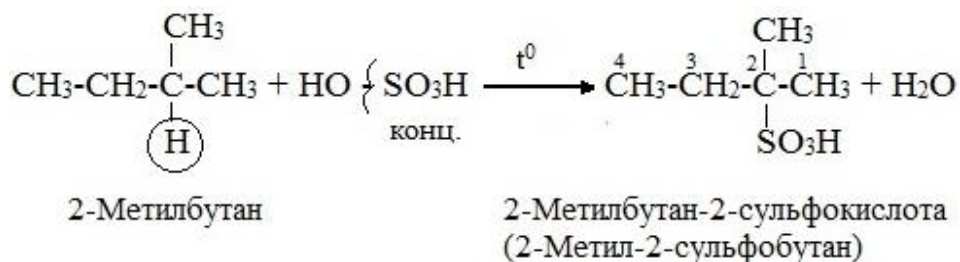
1. Взаимодействие с галогенами или галогенирование (например, реакция хлорирования): $CH_4 + Cl_2 + h\nu \rightarrow CH_3Cl$.

Реакция протекает по радикальному механизму с участием радикалов хлора, которые образуются на свету (под действием солнечного света, УФ-излучения или сильного нагревания до 300-500°C), до полного замещения атомов водорода.

2. Взаимодействие с азотной кислотой (реакция нитрования по Коновалову) происходит при нагревании алканов с разбавленной азотной кислотой. В первую очередь замещается атом водорода у третичного атома углерода, затем - у вторичного, и в последнюю очередь – у первичного.

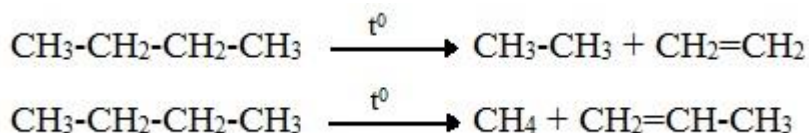


Аналогично происходит реакция сульфирования под действием серной кислоты.



3. Термические превращения алканов.

При нагревании алканов до высоких температур *без доступа воздуха* в присутствии катализаторов протекают реакции, сопровождающиеся разрывом связи С-С (крекинг, изомеризация). Термический крекинг (пиролиз) осуществляется при температуре 450-700⁰С, при этом образуется смесь алканов и алкенов с меньшим числом углеродных атомов.



Каталитический крекинг проводят в присутствии катализаторов (обычно оксидов алюминия и кремния) при температуре 500⁰С и атмосферном давлении. При этом с разрывом молекул происходят реакции изомеризации и дегидрирования, приводящие к получению алкенов, алкадиенов и ароматических углеводородов., например:

окисления кислородом воздуха в присутствии катализаторов (MnO_2) получают уксусную кислоту.

При *мягком* окислении метана кислородом воздуха в присутствии катализаторов могут быть получены метиловый спирт, формальдегид и муравьиная кислота. Высшие алканы ($n > 25$) под действием кислорода воздуха в жидкой фазе в присутствии солей марганца превращаются в смесь карбоновых кислот со средней длиной цепи C_{12} - C_{18} , которые используются для получения моющих средств и поверхностно-активных веществ.

Важнейшие области применения алканов

Главными природными источниками алканов являются нефть, природный газ и каменный уголь. В нефти содержится от 30 до 90 % углеводородов, в природном газе – до 98 % низших гомологов и в первую очередь метана. Нефть содержит алканы от C_5H_{12} до $C_{30}H_{62}$ нормального и разветвленного строения. Высшие гомологи с числом атомов углерода от 20 до 30 входят в состав восковых оболочек семян и листьев, а также пчелиного воска.

Алканы являются не только простым и относительно дешевым топливом, но и исходным сырьем для крупнотоннажного производства важных органических соединений.

При разгонке нефти получают несколько фракций: бензин (т. кип. 40–180°C; C_6 – C_{10}), керосин (т. кип. 180–230°C; C_{11} – C_{12}), дизельное топливо (т. кип. 230–305°C; C_{13} – C_{17}), мазут, из которого перегонкой под уменьшенным давлением или с водяным паром получают солярное масло (углеводороды C_{18} – C_{25}), и смазочные масла (углеводороды C_{28} – C_{38}), вазелин, твердый парафин.

Высшие фракции разгонки нефти подвергают крекингу для получения высокосортных бензинов. Кроме того, получают алкены – этилен, пропиен, бутены – важнейшее сырье для химической промышленности.

Парафин применяется для изготовления свечей, пропитки спичек и упаковочной бумаги, для тепловых процедур в медицине и т.д. Нормальные

4. Ароматические углеводороды. Это планарные (плоские) циклические соединения, у которых образуется единая сопряженная система электронов. Типичным представителем ароматических углеводородов является бензол. Все связи между атомами углерода в бензоле равноценны, по энергии и длине они занимают промежуточное положение между ординарными и двойными связями. Поэтому бензол и его гомологи достаточно устойчивы, реакции их окисления и присоединения протекают с трудом. Для ароматических углеводородов характерна реакция электрофильного замещения водорода на другие атомы или группы атомов, например, водород можно также заменить на атомы галогенов, сульфогруппы - SO_3H , гидроксигруппу - OH , алкильные радикалы. В результате реакции замещения образуются соединения, в названия которых входит название радикала фенила - C_6H_5 . Ароматические радикалы называют арильными (Ar).

Наряду с моноциклическими существуют полициклические ароматические углеводороды, например:



Все ПАУ весьма токсичны, а некоторые из них, особенно бенз(а)пирен, канцерогены. ПДК в воздухе для БП составляет всего 10^{-9} г/м³. ПАУ попадают в воздух в основном из выхлопов автомобилей и выбросов коксохимических производств. Есть ПАУ и в сигаретном дыме.