

Содержание

ГЛАВА 1. Метан, этилен, ацетилен

Простая связь
Двойная связь
Тройная связь

ГЛАВА 2. Еще одна стройдеталь -- бензол

Немного истории и немного химии
За и против
Шестерка электронов,
Мул: лошадь "--" осел
Ароматичность -- отнюдь не пахучесть

ГЛАВА 3. Основа основ

Начало
Экскурс в глубь веков
"Дремучий лес" органической химии
"Нечто о химическом строении тел"
Что же такое органическая химия?

ГЛАВА 4. Изюминки молекул

Углерод, водород, кислород
Те же и азот
Несколько функциональных групп в одной молекуле

ГЛАВА 5. Наша пища и одежда

Молекулы и зеркало
"Уголь плюс вода"
Шестнадцать изомеров
О сахаре, крахмале и клетчатке
Спирт из сахара и сахар из воздуха

ГЛАВА 6. Вещество жизни

Два иона в одной молекуле
Аминокислота плюс аминокислота
Белки и капрон -- родственники
Белок белку рознь
Тайна одной болезни
Как синтезируют белок
Молекула белка в пространстве

ГЛАВА 7. Химия наследственности

Что такое гетероциклы?
Немного истории, а точнее -- предыстории
Основания, нуклеозиды, нуклеотиды
К ДНК приходит заслуженная слава
Так что же такое ген
О ферментах

ГЛАВА 8. О лекарствах и о ядах

Для одних -- яд, для других -- лекарство
Почему стрептоцид лечит?

Микробы против микробов
Многоликие алкалоиды
Несколько слов о снотворных
Если болит голова
Как ищут новые лекарства?

ГЛАВА 9. Перешеек, соединяющий два материка

Металл соединяется с углеводородом
О неорганическом бензоле и удивительных двадцатигранниках
Силикон -- каучук из кремнезема
Хлорофос, зарин и другие
Самый агрессивный элемент
Второе дыхание металлоорганической химии

Глава 10. Цвет и свет

Что такое цвет?
Почему тела окрашены?
Разные теории
Какие бывают красители?
Химия и свет

Глава 11. Как работает химик?

Начало и конец всякого исследования
Колба -- инструмент химика
Выделение и очистка
"Хроматография" означает "цветопись"
Охарактеризовать вещество

Глава 12. О том, как физики помогают химикам

Трудный хлеб химиков прошлого
Сжигая вещество, узнаем его формулу
Химик "видит" молекулу
Для чего химику ультрафиолетовые и инфракрасные лучи?
Ядерный магнитный резонанс
Молекулу, разбивают на осколки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из главы 1. Метан, этилен, ацетилен

Сколько самых разных зданий -- больших и маленьких, прекрасных и неказистых -- выстроено на земле. Что общего может быть у собора Василия Блаженного и вот этого старого, предназначенного на слом домишки, закрывающего вид из вашего окна? А общее вот что: они построены, в принципе, из однотипных деталей. Так же, как в архитектуре, в химии громадное разнообразие сложнейших органических соединений сводится всего к нескольким видам простых "кирпичиков", из которых "складываются" молекулы всех этих веществ.

Простая связь

Самое простое органическое соединение -- метан. Его молекула состоит из пяти атомов -- одного атома углерода и четырех атомов водорода, равномерно распределенных

в пространстве вокруг этого центрального атома углерода. Здесь мы сталкиваемся прежде всего с важнейшим постулатом органической химии -- во всех незаряженных органических молекулах углерод всегда четырехвалентен. Графически это выражается в том, что он должен быть соединен с химическими символами других элементов или того же углерода четырьмя черточками. В метане все четыре атома водорода находятся на одинаковом расстоянии от атома углерода и максимально удалены друг от друга в пространстве.

Чтобы построить модель молекулы, возьмем тетраэдр, т.е. правильный четырехгранник, составленный из равносторонних треугольников, и поместим в его центр атом углерода. Атомы водорода расположатся по вершинам тетраэдра. Соединим все водороды с центральным атомом углерода. Угол и между двумя такими линиями составит 109 градусов и 28 минут.

Итак, мы построили модель метана. Но каковы размеры молекул в действительности? В последние десятилетия при помощи физических методов исследования (о них речь впереди) удается точно определить межатомные расстояния в молекулах органических соединений. В молекуле метана расстояние между центрами атома углерода и любого водородного атома равно 0,109 нм (1 нанометр, нм, равен 10^{-9} м). Чтобы представить наглядно, как выглядит молекула в пространстве, пользуются моделями Стюарта--Бриглеба, в которых атомы изображаются шариками определенного радиуса.

Теперь зададимся таким вопросом: какие силы связывают атомы в молекуле органического соединения, почему атомы водорода не отрываются от углеродного центра?

Атом углерода состоит из положительно заряженного ядра (его заряд равен +6) и шести электронов, занимающих различные орбитали вокруг ядра, каждой из которых соответствует определенный уровень энергии.

Два электрона занимают самую нижнюю, ближайшую к ядру орбиталь. Они всего сильнее взаимодействуют со "своим" ядром и участия в образовании химических связей не принимают. Иное дело -- остальные четыре электрона. Считают, что в так называемом невозбужденном атоме углерода, т.е. в отдельном атоме, не образующем никаких связей с другими атомами, эти электроны располагаются следующим образом: два на нижнем подуровне *s* и два на более высоком подуровне *p*. Несколько упрощенно и схематично можно считать, что облако, которое образует электрон, находящийся на *s*-подуровне, имеет форму сферы. Облака *p*-электронов выглядят объемными восьмерками, причем эти восьмерки могут быть расположены в пространстве вдоль осей *x*, *y* и *z*. В соответствии с этим в каждом атоме имеются три *p*-орбитали: *p_x*, *p_y* и *p_z*. Итак, каждая орбиталь в атоме имеет определенную форму и особым образом расположена в пространстве.

Для того чтобы вступить во взаимодействие с другими атомами, образовать с ними химические связи, атом углерода должен прежде всего перейти в особое, возбужденное состояние. При этом один электрон перескакивает с *s*-орбитали на *p*-орбиталь. В результате один электрон занимает сферическую *s*-орбиталь, а три остальных электрона образуют три орбитали-восьмерки. Однако такое положение атому энергетически невыгодно. Более низкой энергии атома соответствуют четыре одинаковые орбитали, симметрично расположенные в пространстве. Поэтому происходит смешивание, усреднение, или, как говорят, гибридизация имеющихся орбиталей, и в результате получаются четыре новые одинаковые орбитали.

Эти орбитали-гибриды также похожи на восьмерки, но восьмерки однобокие: электронная плотность почти полностью смещена в одну сторону. Такие гибридные орбитали обозначаются sp^3 (по числу электронов с разных негибридных орбиталей, участвующих в их образовании: один с s -орбитали и три -- с p -орбитали).

Как же устроена молекула метана? К каждой из четырех гибридных орбиталей, направленных от атома углерода в разные стороны (а точнее, в углы воображаемого тетраэдра, который можно построить вокруг него), подходят атомы водорода H. Атом водорода это ядро с зарядом +1 (для легкого изотопа обычного водорода -- просто протон), и один электрон, занимающий сферическую орбиталь вокруг протона. Облака "углеродных" и "водородных" электронов перекрываются, а это и означает образование химической связи. Чем сильнее перекрываются облака электронов разных атомов, тем прочнее связь. Теперь становится понятным, почему гибридные орбитали выгоднее -- ведь такая однобокая, выпяченная в одну сторону восьмерка может гораздо сильнее перекрываться с облаком водородного электрона, чем менее протяженные в пространстве негибридные орбитали. Отметим, что эти рассуждения носят несколько условный характер: чистый, так сказать, одиночный и невозбужденный атом углерода не существует реально. Поэтому нет смысла обсуждать, как же в действительности происходят все эти трансформации орбиталей, называемые гибридизацией. Однако для удобства описания химических связей посредством формул и чисел такие условности оказываются полезными. Мы в этом еще не раз убедимся.

Как получить метан?..

Об авторе



ШУЛЬПИН Георгий Борисович

Доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института химической физики имени Н. Н. Семенова Российской академии наук. Окончил химический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. Защитил кандидатскую диссертацию по металлоорганической химии под руководством академика А. Н. Несмеянова в московском Институте элементоорганических соединений Академии наук СССР. С 1978 г. работает в ИХФ имени Н. Н. Семенова РАН. Области научных интересов:

катализ, химия углеводов, химическое моделирование биологических процессов, металлоорганическая химия. Им была открыта реакция введения иона платины в ядро ароматического соединения, разработан новый метод определения продуктов окисления углеводов пероксидом водорода и воздухом и предложены новые катализаторы для таких реакций.

Г. Б. Шульпин проводил совместные исследования с коллегами из зарубежных научных институтов и фирм и читал лекции в университетах ряда стран (Бразилия, Великобритания, Германия, Индия, Испания, Италия, Португалия, США, Таиланд, Франция, Чехословакия, Швейцария, Япония). Им опубликовано более 250 научных работ, в том числе монографии и статьи в престижных международных и российских журналах. Кроме того, он известен как автор научно-популярных книг и многочисленных статей в журналах "Наука и жизнь", "Химия и жизнь", "Природа", "Наука в мире", "Химия в школе". Награжден премиями издательств "Знание", "Nauka/Interperiodica (Pleiades Publishing, Inc.)" и "Elsevier" за лучшие публикации. Член Академии наук Лиссабона (Португалия) и редакционных советов международных научных журналов "Journal of Organometallic Chemistry", "Catalysis Communications", "Catalysts", "American Chemical Science Journal", "Advances in Chemical Engineering", "Current Organocatalysis" и др.