

Органическая химия. Учебное пособие

Предисловие

Дорогие друзья! Нет ничего более глупого, чем растянутое на две-три страницы предисловие к учебнику. Несколько абзацев непременно надо посвятить важности изучения науки, с пафосом перечислить её достижения и между делом похвалить вас за выбор предмета. Ничего подобного здесь не будет. Скажем кратко: без знания органической химии человеческая цивилизация выглядела бы весьма незавидно. Ни лекарств, ни новых материалов, ни топлива для современных автомобилей, ни тысяч других нужных и полезных человеку веществ, которых в природе попросту не существует (соответственно, извлечь их неоткуда, можно только произвести, т.е. синтезировать). Чтобы оценить масштаб достижений химической науки, достаточно оглядеться: всё, что вас окружает, сделано с использованием этих достижений. Органическая химия в 21 веке - самая быстроразвивающаяся наука, и ещё долго будет таковой оставаться. Общее количество известных органических соединений давно перевалило за 100 млн, и продолжает постоянно расти. На этом всё, перейдём, собственно, к органической химии.

...Чуть не забыли похвалить: вы, безусловно, молодцы!

Содержание

Учебник устроен так: сначала идут теоретические основы органической химии. Вторая часть - основные классы органических соединений, их свойства и способы получения. Затем вы познакомитесь с основами биохимии и вычислительной химии (ни то, ни другое в обычном школьном курсе не дают, для успешной сдачи госэкзаменов они не требуются, так что решайте для себя сами, нужно ли вам это). В завершение книги - ответы на задания и несколько справочных таблиц.

Чего здесь нет: раздела, детально посвящённого нефтехимии. Это - безусловно, важная, но довольно скучная тема, касающаяся вопросов производства нефтепродуктов, в первую очередь. Уверены, что фанаты крекинга нефти найдут, где об этом почитать. Кроме того, в тексте осознанно урезан практический материал. Рекомендации по проведению лабораторных опытов в большинстве изданий видеть попросту странно. Всё равно 80-90% из них вы на уроках не делаете, по разным причинам. Однако мы настоятельно советуем изучать видео с соответствующими опытами: безопасно и вполне наглядно.

Каждая глава содержит базовую информацию (обязательную для всех, изучающих предмет) и расширенные сведения для интересующихся (то, что называется "углубленным изучением"). Определения и другие сведения, требующие запоминания, выделены вертикальной чертой. В конце глав - задания и вопросы для повторения.

1. Теоретические основы органической химии

Органическая химия ("органика", ОХ) - это химия углеводородов и их производных.

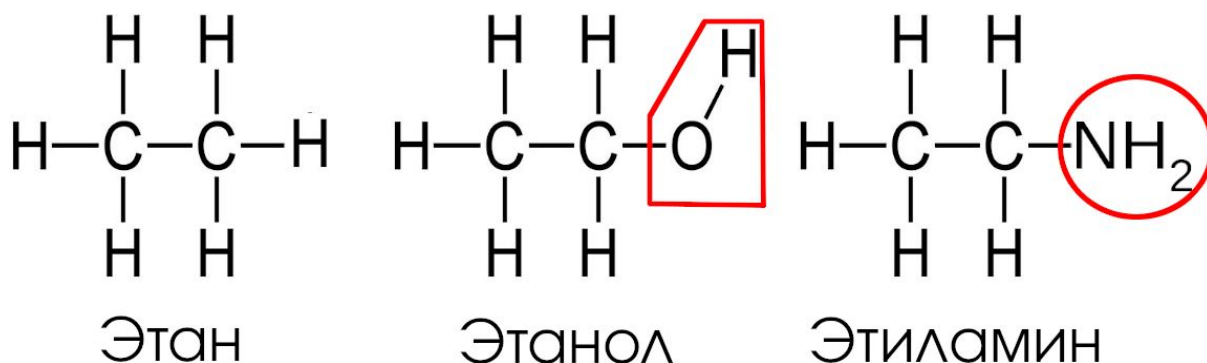
Углеводороды - вещества, в состав которых входят атомы углерода и водорода.

Производные углеводородов - вещества, которые можно рассматривать как углеводороды, в которых один или несколько атомов водорода заменены атомами других элементов (т.н. функциональной группой).

Функциональная группа - один или несколько атомов, характерные для какого-либо конкретного класса веществ.

Последнее проще всего пояснить примером. В 8 классе вы познакомились с такими классами веществ, как оксиды, кислоты, основания, соли и т.д. Вспомним, к примеру, основания, их определение звучало так: это - сложные вещества, состоящие из атома металла, связанного с одной или несколькими гидроксильными группами - OH. Чаще всего вы рассматривали свойства оснований на примерах NaOH, KOH, Ba(OH)₂ и т.п. Как видите, атомы металлов в составе оснований могут быть самыми разными, а OH-группа встречается во всех них, без исключений. Следовательно, можно сказать: OH-группа является функциональной группой (ФГ) для класса веществ "основания". Более того, вы привыкли "узнавать" в веществе основание, если видели в формуле одну или несколько OH-групп.

В органической химии действует тот же принцип. Мы "узнаём" вещество по нескольким признакам, но главным среди них является ФГ. Так, OH-группа будет встречаться во всех веществах, которые относятся к классу "спирты", ФГ -COOH указывает на принадлежность вещества к классу "карбоновые кислоты" и т.п.



Для некоторых классов веществ характерно присутствие более, чем одной ФГ. Например, у аминокислот имеется "карбоксильная группа" (-COOH) и "аминогруппа" (-NH₂). Напротив, в некоторых случаях ФГ в формуле вещества не наблюдается. Например, рассмотрим такие вещества, как C₂H₆ и C₂H₄. Когда никакая ФГ не "бросается в глаза", мы используем сравнение конкретной формулы с т.н. "общей формулой". Такая имеется для многих классов веществ, но наиболее полезна она в случаях, когда отсутствуют ФГ. Например, для класса веществ "алканы" общая формула C_nH_{2n+2}. При n = 2 общая формула становится формулой конкретного вещества C₂H₆ (одного из нашего примера выше). Соответственно, вещество C₂H₆ относится к классу "алканы".

Зачем вообще нужно уметь определять класс вещества? В любом разделе химии (и органическая - не исключение) узнавание класса даёт понимание, какие химические свойства будет проявлять то или иное соединение. В курсе неорганической химии вы тоже решали подобную задачу. Схема рассуждения выглядела примерно так: “это вещество по таким-то признакам является кислотой, значит реагировать будет таким-то образом, с образованием таких-то продуктов”. В органике работает тот же принцип. Хорошая новость состоит в том, что здесь правила химических взаимодействий чаще всего не имеют исключений. Вспомните 8 или 9 класс: там вы учили, например, что “кислота взаимодействует с металлом, при этом образуются соль и водород”. Следом за этим правилом давался огромный список (намного длиннее, собственно, правила) исключений, уточнений и дополнений. Вы выясняли, что не все металлы реагируют с кислотами по этой схеме (см. электрохимический ряд напряжения металлов), что концентрированная серная кислота и азотная кислота любой концентрации реагируют с металлами особым образом, что серная кислота пассивирует алюминий, что приводит к моментальной остановке реакции (по факту мы заключаем, что такая реакция вовсе не идёт), и тому подобные подробности. В органической химии ничего подобного нет. Если правило, по которому вещества взаимодействуют, озвучено, то исключения из него крайне редки (однако, биохимии это не касается). В ОХ, в отличие от других разделов химии, вся информация хорошо структурирована и систематизирована. В силу этих обстоятельств школьный курс органической химии - не сложнее, а проще “неорганики”.

Почему углерод? Вспомним электронное строение атома углерода: $1s^2 2s^2 2p^2$. Оно легко превращается в конфигурацию $1s^2 2s^1 2p^3$: электроны 2s- и 2p-подуровней близки по значению их энергии. Четыре электрона на внешнем уровне при столь небольшом радиусе атома дают атому углерода уникальную возможность образовать четыре сравнительно прочные ковалентные связи. Нетрудно прийти к выводу, что причина огромного многообразия органических соединений кроется в этой способности. Основа практически любого органического вещества - это атомы углерода, связанные друг с другом (их количество может достигать сотен тысяч в полимерах), что формирует т.н. “углеродный скелет” молекулы.

Как отличить органическое вещество от неорганического? Наиболее точный ответ состоит в том, что нет никакой необходимости проводить искусственную границу между этими разделами химической науки. Наилучшим подходом в такой задаче будет являться узнавание класса, к которому принадлежит вещество, и последующий логический вывод о его свойствах. Если говорить об органических соединениях, как о чём-то, характерном для живой природы, то не очень понятно, почему бы не отнести к органической химии вещество H_2O (вода). Ведь его присутствие весьма характерно для любой живой клетки. Подход “органическое соединение - это вещество, имеющее в основе атомы углерода” тоже не очень актуален: в графите и алмазе вообще нет ничего, кроме атомов углерода, но относить эти вещества к органическим не принято. Словосочетание “органическое соединение” - не более, чем условность.

Часто, взамен правила “атом углерода образует четыре химические связи”, даётся такое определение: валентность атома углерода равна четырём. Помимо того, что понятие “валентность” имеет очень ограниченную область применения, это слово ничем не лучше весьма наглядного и понятного словосочетания “количество

химических связей”. И здесь, и далее мы будем стараться избегать использования терминов ради терминов. Но для любителей определений отметим:

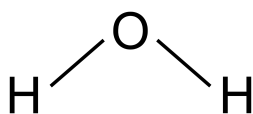
Валентность - способность атомов химических элементов образовывать определённое число химических связей.

Строение любого вещества определяется различными правилами. В органической химии главнейшую роль играет теория химического строения А. М. Бутлерова. Основное её положение выглядит следующим образом:

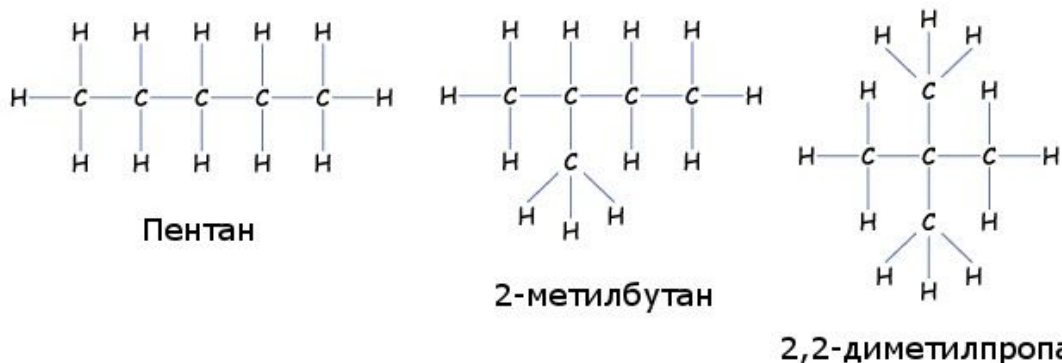
Атомы в молекулах веществ соединены друг с другом согласно их валентности.

Итак (мы ведь решили обойтись без “валентности”), атом углерода всегда образует четыре химические связи. Не обязательно все эти связи ведут к разным атомам. Один атом углерода может быть связан с другим таким же атомом одной, двумя или даже тремя связями (мы называем соответствующие варианты “одинарной”, “двойной” или “тройной” связью). Атом водорода (элемент, который встречается в абсолютном большинстве “органических” соединений) всегда образует одну связь. Как и четыре связи атома углерода, это следует из электронного строения атома водорода ($1s^1$). Таким образом, становится ясно, что атомы водорода могут быть только “по краям” молекулы и никогда не лягут в основу молекулярного “скелета”, поскольку не могут быть одним из промежуточных звеньев этого “скелета” (для этого потребовалось бы по меньшей мере две связи).

Химическое строение вещества (количество атомов и способ их связи друг с другом) в органической химии принято передавать при помощи структурных формул. Это выглядит в чём-то пугающе (как показывают опросы, именно структурные формулы дают ученикам ощущение какой-то запредельной сложности предмета органической химии), однако ничего сложного в этом нет. В девятом классе вы наверняка рисовали формулу воды (иногда) следующим образом:

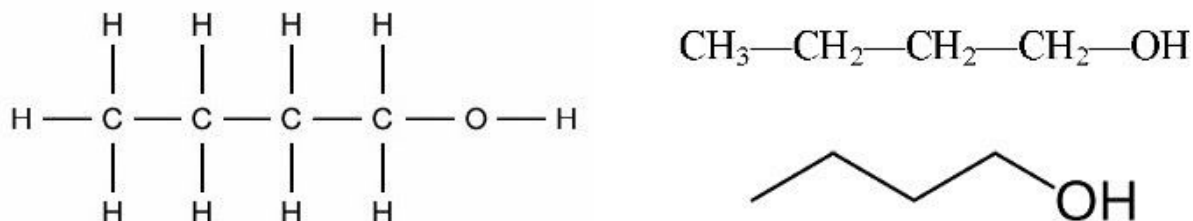


Это - ничто иное, как структурная формула воды. В ней показано, как атомы в молекуле соединены друг с другом при помощи химических связей (сами связи отображены при помощи чёрточек). В органической химии мы будем использовать именно такие формулы: простая запись “в строчку” нас уже не удовлетворяет. Почему? Давайте рассмотрим вещество с формулой C_5H_{12} . Подобная запись даёт нам представление лишь о количестве тех или иных атомов в молекуле (пять атомов углерода и двенадцать атомов водорода, в данном случае). Но о том, как эти атомы соединены между собой, такая запись умалчивает. А ведь вариантов может быть несколько:



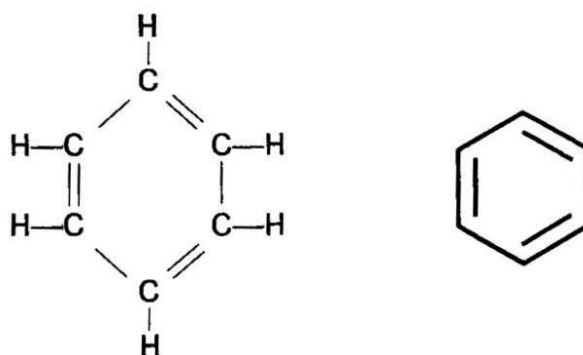
Очевидно, все вещества на рисунке соответствуют формуле C_5H_{12} , но не менее очевидно, что это всё - разные вещества. Они близки по свойствам, но не одинаковы. Например, температура кипения у пентана $36\text{ }^{\circ}\text{C}$, а у 2,2-диметилпропана - $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Заметим в скобках, что такое явление, когда одни и те же атомы в одном и том же количестве образуют разные по строению и, следовательно, свойствам вещества, называется изомерией. К этому термину мы вскоре придём - в органической химии множество изомеров). Таким образом, структурная формула даёт представление не только о количественном устройстве молекулы вещества, но и о его строении.

При этом в структурных формулах несущественные для строения вещества детали стараются опустить.

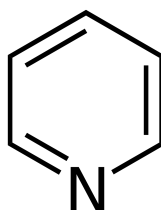


Все формулы вещества “Бутан-1-ол”, приведённые выше, равнозначно верные. При этом очевидно: местоположение атомов водорода не является определяющим свойства этого вещества. Атомы водорода образуют всего одну связь каждый, мы располагаем их у каждого атома углерода с учётом его четырёх связей, т.е. как бы “заполняем” все вакантные места в скелете молекулы.

Поэтому в формулах атомы водорода (для экономии места и времени) часто не указываются. И так понятно, что каждый атом углерода должен образовать четыре связи, и, если две из них направлены к соседним атомам углерода, то оставшиеся две будут “укомплектованы” атомами водорода. Более того, в дальнейшем вы убедитесь, что и атомы углерода, которые не имеют значения при рассмотрении строения или свойств вещества (т.е. которые не входят в состав функциональных групп, или не затрагиваются в ходе химических реакций, или попросту одинаковы с точки зрения структуры) тоже зачастую не изображаются при рисовании формулы. Особенно хорошо это заметно для т.н. “ароматических” углеводов. Самый простой представитель этого класса веществ - “Бензол”, C_6H_6 .

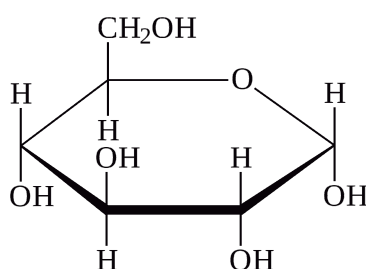


В ряде случаев мы можем игнорировать обозначение углерода, подразумевая его присутствие “по умолчанию”. Но если в формуле вещества имеется атом другого элемента (не водорода и не углерода), мы обязательно его обозначаем.



Пиридин

В большинстве случаев при отрисовке структурной формулы нам достаточно двух измерений (рисунок на плоскости листа, как на иллюстрациях выше), но иногда требуется изображения в трёх измерениях (когда часть формулы рисуется за плоскостью листа или выступающей перед плоскостью):



Глюкоза

Конец ознакомительного фрагмента. Полная версия доступна по запросу на электронный адрес авторов: igor.negodaev@yandex.ru. Это бесплатно.