

К ВОПРОСУ О ВЫВОДЕ ОБЩЕЙ ФОРМУЛЫ ГОМОЛОГИЧЕСКОГО РЯДА

Рано или поздно всякая правильная математическая идея
находит применение в том или ином деле.

А.Н.Крылов, 1863 — 1945

Поводом для написания этой статьи послужила публикация (в Интернете) В. В. Ерёмкина (химфак МГУ) большой статьи «Математика в химии». Вот что он пишет на с. 65 (два абзаца):

Найдем максимально возможное число атомов водорода в углеводороде, содержащем n атомов углерода. Любой химик, будь то школьник, студент или научный сотрудник, сразу скажет, что это число равно $2n + 2$. Оно соответствует предельным углеводородам – алканам. Решим эту задачу с помощью математических рассуждений.

Общее число валентностей углерода в молекуле C_nH_x равно $4n$, так как каждый атом углерода четырехвалентен. Что входит это число? Атомы углерода связаны друг с другом и с атомами водорода. Минимально возможное число связей С–С равно $(n-1)$ – оно необходимо, чтобы углеродный скелет не имел разрывов. В каждой такой связи участвует два атома углерода, поэтому число валентностей, расходуемых на связи С–С, равно $2(n-1)$. Остальные $4n - 2(n-1) = 2n + 2$ валентностей расходятся на связи С–Н. Водород одновалентен, поэтому число его атомов равно числу связей С–Н: $x = 2n + 2$. Доказательство закончено.

Не будем вдаваться в подробности этого подхода, оценивать «вкусовые» аспекты аналитики. Рассмотрим иные подходы.

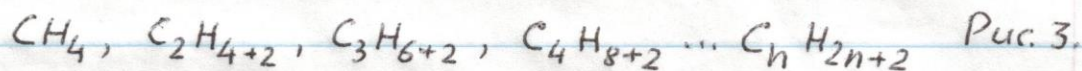
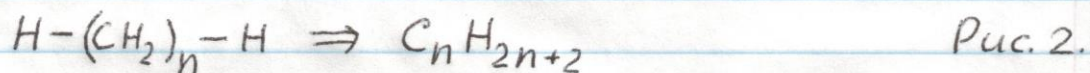
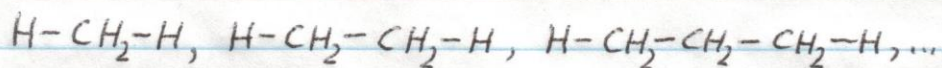
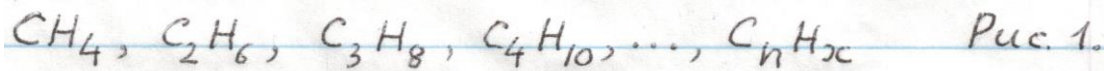
На рис. 1 представлен гомологический ряд предельных (насыщенных) углеводородов — алканов. Последняя формула ряда такая же, как и в процитированном. То есть абстрактная, пригодная для любого гомологического ряда. Задача: $x = ?$

Проструктурируем несколько формул этого ряда. И как видно на рис. 2, общая формула гомологического ряда алканов становится очевидной, то есть $x = 2n + 2$.

Теперь распишем гомологический ряд так, как показано на рис. 3. Видно, что к количественному составу молекулы добавляется гомологическая разность ($-CH_2-$). Тогда «бросается в глаза», что число атомов водорода в два раза больше числа атомов углерода. Логика: $n(C) \rightarrow 2n(H) \rightarrow 2n + 2 (H)$.

Обращаемся к рис. 4. Запишем последовательность чисел — число атомов водорода в молекулах гомологического ряда алканов. Ниже представлен в общем виде ряд — члены арифметической прогрессии, где $d = 2$. По формуле метана находим x , то есть, находим общую формулу гомологического ряда.

Зная общую формулу алканов, опираясь на понятие «генетическая связь», переходим к общей формуле алкенов и циклопарафинов, далее — к общей формуле диеновых углеводородов, изомерных алкинам — рис. 5.

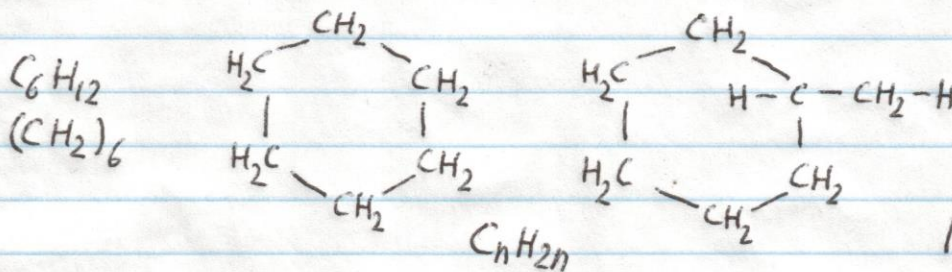
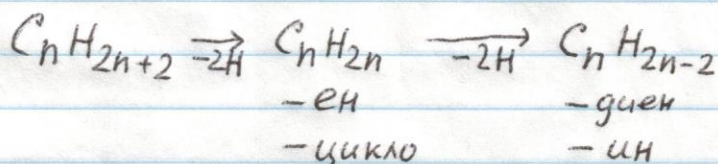


$$4, 6, 8, 10, \dots, x$$

$$a_1, a_1 + d, a_1 + 2d, \dots, a_1 + (n-1)d$$

$$a_n = a_1 + (n-1)d \quad a_{n+1} - a_n = d$$

$$x = 4 + (n-1) \cdot 2 = 4 + 2n - 2 = 2n + 2 \Rightarrow C_nH_{2n+2} \quad \text{Рис. 4.}$$



В конце рисунка представлены две структуры — циклогексана и метилциклогексана (последняя формула в таком варианте представлена впервые). Это — иллюстрация к изложенному. Суть — на поверхности. Поэтому сказанным и ограничимся.

Обратимся к рис. 6. Здесь представлен открытый автором **закон гомологии**. Его можно сформулировать так: для любого углеводорода или углеводородного радикала любого гомологического ряда разность между числом атомов водорода и числом атомов углерода в сумме с некоторым, постоянным для данного ряда числом, даёт (равно) число атомов углерода.

$$\Delta + a = n, \quad C_n H_y$$

$$(y - n) + a = n \Rightarrow a = 2n - y$$

$$\Rightarrow y = 2n - a \quad C_n H_{2n-a}$$

$$CH_4, \quad a = 2 \cdot 1 - 4 = -2; \quad C_n H_{2n - (-2)} \Rightarrow C_n H_{2n+2}$$

Рис. 6.

$$C_k H_p, \quad a = 2k - p, \quad C_n H_{2n - (2k - p)} \Leftrightarrow C_n H_{2n - 2k + p}$$

$$CH_4, \quad C_n H_{2n - 2 \cdot 1 + 4} \Rightarrow C_n H_{2n+2}$$

Рис. 7.

$$C_6 H_6, \quad a = 2 \cdot 6 - 6 = 6, \quad C_n H_{2n - 6} \quad \text{Рис. 8}$$

Далее наглядно показано, как удивительно просто, исходя из этого закона, находится общая формула ряда. На рис. 8 показан ещё один пример — вывод общей формулы ароматических углеводородов.

Теперь вернёмся к закону гомологии и обратимся к рис. 7. Сформулируем задачу, которую пытались, но не могли решить: Исходя из формулы углеводорода — $C_k H_p$, вывести общую формулу гомологического ряда. Эта задача — для решения — предлагалась доктору химических наук (тоже из МГУ), предпринимались попытки и другими авторами [1]: Н. А. Паравян (Химия и жизнь, 1977. № 1), А. Ф. Хрусталёв (Химия и жизнь, 1982, № 5). Комментировать ситуацию не буду, хотя интересно проследить, как рождается истина при опоре на идею. В данном случае — что может дать — совершенно выпадающее из логики — разница между числом атомов водорода и числом атомов углерода. Изложенное на рис. 7, позволяет говорить об **универсальном законе гомологии**.

Общая формула любого ряда — $C_n H_{2n-a}$. Но как найти a ? **Ответ** — в математическом виде закона гомологии (первая строчка рис. 6). Постоянную для данного ряда можно найти и по абстрактной формуле углеводорода — и тогда вы находите общую формулу любого гомологического ряда, заданную абстрактно: $C_n H_{2n - 2k + p}$.

Источники

1. Е. Г. Шмуклер. Закон гомологии, Химия и жизнь, 1983, № 7, с. 61.
2. Ефим Шмуклер. К вопросу о логике химического мышления, Альманах «Лебедь», № 747, 5 ноября 2015 года.
3. Ефим Шмуклер. Универсальный количественный закон гомологии, Альманах «Лебедь», № 749, 7 декабря 2015 года.
4. Е. Г. Шмуклер. Ретроспектива творчества. - Львов, 2003, с. 66-67.
5. Е. Г. Шмуклер. Собрание химических этюдов. - Львов, 2000, с.12-15, с. 65.

6. Е. Г. Шмуклер. Творчество учителя: возможности, содержание, границы, опыт, проблемы. - Конференція Соросівських Учителів, Київ, 1995, с. 357-366.
7. Е. Г. Шмуклер. Задачи для творчества. - Журнал «Химия», 2016, № 5.

***Ефим Шмуклер**, кандидат педагогических наук,
заслуженный учитель Украины.*