

Роль визуальных образов в системном формировании понятий

«ГОМОЛОГИЯ» И «ИЗОМЕРИЯ»

Картинка в сознании важнее, чем знание. А. Эйнштейн

ышление с применением визуальных • образов [1] есть деятельность разума, благодаря которой можно осмыслить связи и отношения между объектами, существенно увеличив скорость решения поставленных задач. Так, химик при виде химических символов представляет вещество, его разнообразные свойства. Он может мысленно увидеть любое его количество — от миллиграммов до сотен тонн, процессы его смешивания с другими веществами, растворения, перехода из одного агрегатного состояния в другое, химические реакции вещества, происходящие в различных условиях. Силой своей мысли химик проникает в микромир, мысленно видит молекулы, наблюдает их столкновение, разрыв старых связей и образование новых. Он способен представить движение электронов по орбиталям различной формы, кристаллическую решётку алмаза или графита, механизм диссоциации веществ в водном растворе и т. п. Если учащийся легко представляет всё то, о чём говорит учитель на уроке, то он видит увлекательное кино. Такой ученик, формулируя определение какого-либо понятия или явления, извлекает из памяти нужную визуальную модель и просто описывает словами то, что мысленно видит.

Рассмотрим, каким образом визуальные образы могут помочь учителю в системном формировании у обучаемых понятий «гомо-

логия» и «изомерия». При реализации предлагаемой методики нужно учитывать, что учащиеся имеют различную способность к внутренней визуализации информации, особенно о тех объектах, которые недоступны непосредственному наблюдению. Эту способность можно развивать, используя шаростержневые модели. На основе таких моделей формируется внутреннее представление о структуре молекулы, порядке связей между атомами. Ведущая задача, которую решает учитель на данном этапе, - это содействие созданию визуальной модели в сознании учащегося. Нужно добиться того, чтобы школьник мог представлять модели молекул без внешней поддержки, не видя шаростержневых моделей или заменяющих их рисунков. Для развития визуальной способности полезно выполнять следующее упражнение: мысленно представить модель, зафиксировать её в своём сознании, потом приблизить её к себе, отдалить, вращать в пространстве. Можно также представить изменение цвета шариков (атомов), появление на них химических символов, значений атомных масс. Если школьники научились представлять в сознании структуры молекул органических веществ, о чём судят по неосознанным движениям глаз и словам, которые они употребляют [2, 3], можно переходить к формированию внутреннего представления о гомологической разности.

Когда учащиеся слышат словосочетание «гомологическая разность», они могут мысленно представить атом углерода, связанный с двумя атомами водорода и обладающий двумя свободными валентностями (рис. 1). Поскольку одной из целей обучения химии является развитие умения решать расчётные задачи, эта модель может быть дополнена значениями атомных масс элементов.

$$\begin{cases} 1 \\ 12 \end{cases} 12 + 1 \cdot 2 = 14$$

Рис. 1. Визуальная модель — внутреннее представление гомологической разности и её формально-логическое представление в виде суммы масс атомов

На основе визуального представления о гомологической разности можно сформировать понятие о гомологическом ряде алканов. Для этого мысленно внедрим гомологическую разность, или метиленовую группу, —СН₂— между атомом углерода и водорода в молекуле метана, сопровождая это внутреннее представление мысленным проведением операции сложения:

Таким образом, гомологи — это вещества, структурно отличающиеся друг от друга на одну или несколько групп CH_2 . Изомеры же имеют различные структуры, которые можно получить путём перемещения одной или нескольких групп CH_2 :

Формирование понятия о структуре ииклоалканов желательно начинать, используя материальные шаростержневые модели, затем рисунки, добиваясь при этом создания устойчивого внутреннего представления. Если учащиеся испытывают затруднения в создании устойчивых мысленных образов, нужно выполнить упражнение, названное нами «полоскание». В течение 30 с учащийся представляет в сознании визуальный образ вещества и проговаривает его название, а затем сначала проговаривает название и потом визуально представляет вещество. В результате становятся более прочными связи между двумя образами: визуальным и соответствующим ему аудиальным. После этого мысленно отщепляем концевые атомы водорода от молекулы пропана. При соединении освободившихся валентностей образуется цикл. Аналогично отщепляем концевые атомы водорода от молекулы бутана и т. д. Фиксируем наблюдения в виде мысленных логических операций уменьшение числа атомов водорода, а следовательно, и молекулярной массы на 2.

Затем рассматриваем возможности внедрения метиленовой группы в цикл или боковую цепь:

При этом возможна постановка проблемы: какой же ряд считать гомологическим? Умест-

но также затронуть вопрос об изомерии циклоалканов: циклобутан и метилциклопропан — структурные изомеры.

В каждом циклоалкане число атомов водорода уменьшается по сравнению с соответствующим алканом на 2. Следовательно, чтобы получить общую формулу циклоалканов, необходимо от числа атомов водорода в общей формуле алканов отнять 2:

$$C_n H_{2n+2-2} = C_n H_{2n}$$
.

Аналогично на основе визуальной модели формируем представление о структуре *алкенов*, исходя из структуры алканов:

Когда мысленная модель сформирована, обращаем внимание на возможность расчёта молекулярной массы алкенов путём вычитания числа 2 из молекулярной массы алкана с таким же числом атомов углерода. Выводим общую формулу алкенов, на основании чего делаем вывод, что алкены и циклоалканы являются изомерами.

Перемещая мысленно метиленовую группу в структуре молекул алкенов, можем получить формулы структурных изомеров:

Наиболее сложно сформировать визуальное представление о структуре *бензола* на основе структуры гексана:

Это изображение несколько загромождено, поэтому альтернативным способом вывода общей формулы аренов может стать сравнение молекулярных формул гексана C_6H_{14} и бензола C_6H_6 . Из них видно, что в молекуле бензола на 8 атомов водорода меньше, чем в молекуле гексана. Отсюда получаем общую формулу веществ гомологического ряда бензола:

$$C_n H_{2n+2-8} = C_n H_{2n-6}$$
.

Теперь рассмотрим, как может быть осуществлено формирование представлений о гомологах и изомерах монофункциональных *производных алканов* (рис. 2). Такой же подход применим при изучении производных других углеводородов, полифункциональных производных углеводородов и производных с разными функциональными группами, например аминокислот.

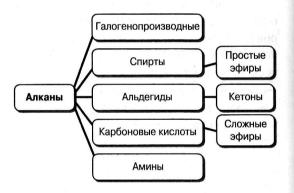


Рис. 2. Классификация производных алканов

Моногалогенопроизводные алканов можно представить как результат мысленного замещения атома водорода атомом галогена:

Таким образом, молекулярная масса простейшего моногалогеналкана может быть определена так:

$$16 - 1 + A_r(Hal) = 15 + A_r(Hal).$$

Молекулярная масса следующего члена гомологического ряда больше на 14. Общую формулу моногалогенопроизводных алканов получаем из общей формулы алканов:

$$C_nH_{2n+2-1}Hal = C_nH_{2n+1}Hal.$$

Путём мысленного внедрения атома кислорода между атомами углерода и водорода в молекуле алкана может быть получена структура одноатомных спиртов:

Молекулярная масса одноатомного спирта получается при добавлении 16 к молекулярной массе соответствующего алкана.

А при мысленном перемещении группы CH_2 в молекуле этанола можно получить *простой* эфир — диметиловый:

Очевидно, что простые эфиры изомерны спиртам с таким же числом атомов углерода.

Для получения структуры *альдегидов* необходимо мысленно удалить два атома водорода из молекулы спирта:

А общую формулу альдегидов получим, вычитая из общей формулы одноатомных спиртов 2 атома водорода: $C_nH_{2n}O$.

Аналогично при перемещении метиленовой группы в молекуле альдегида можно представить образование *кетонов*:

Таким образом, кетоны изомерны альдегилам.

Структурная формула карбоновой кислоты может быть выведена на основе визуального представления о структуре альдегидов, а молекулярная масса получена путём добавления 16 к молекулярной массе соответствующего альдегида:

$$\begin{array}{c|cccc}
O & O & O & O \\
H - C - H & \longrightarrow & H - C - O - H \\
30 + 16 & \longrightarrow & 46
\end{array}$$

Из структурных формул карбоновых кислот получим структурные формулы сложных эфиров — изомеров карбоновых кислот:

Первичные амины — производные углеводородов, в молекулах которых атом водорода замещён на аминогруппу —NH₂. Другими словами, для получения аминов из углеводородов между атомами водорода и углерода нужно внедрить иминогруппу —NH— (рис. 3):

Рис. 3. Структура иминогруппы.

Молекулярная масса амина больше молекулярной массы алкана с таким же числом

атомов углерода на 15, а общая формула аминов может быть записана как $C_nH_{2n+3}N$.

Системное представление о гомологических рядах, построенное на визуальных моделях, поможет упростить решение некоторых задач на вывод молекулярной формулы органических веществ. Данный подход включает 2 этапа: предварительное узнавание вещества и выдвижение гипотезы о его принадлежности к классу и проверку предположения расчётами.

Задача 1. При взаимодействии одноатомного спирта, содержащего 37,5% углерода и 12,5% водорода, с органической кислотой образуется вещество, плотность паров которого по водороду равна 37. Определите молекулярную формулу сложного эфира.

Решение

Находим молекулярную массу сложного эфира:

$$M_{\rm r}$$
(сл. эф.) = 37 · 2 = 74.

Так как молекулярные массы членов гомологического ряда сложных эфиров составляют ряд чисел 60, 74, 88..., то в данном сложном эфире содержатся 3 атома углерода. Следовательно, в одноатомном спирте 1 или 2 атома углерода:

$$H_3C-C-O-CH_3$$
 $H-C-O-C-CH_3$

В метиловом спирте половина массы приходится на кислород, что видно из сформированной визуальной модели. Суммарная массовая доля углерода и водорода в данном эфире равна 50% (37,5 + 12,5), значит, это метиловый спирт. Следовательно,

искомое вещество — метиловый эфир уксусной кислоты.

Задача 2. Для полной этерификации некоторой одноосновной карбоновой кислоты массой 6 г требуется спирт такой жемассы. При этом получается 10,2 г сложного эфира. Установите молекулярную формулу кислоты.

Решение

Из анализа молекулярных масс членов гомологического ряда одноосновных карбоновых кислот и одноатомных спиртов видно, что масса 6 г пропорциональна молекулярной массе уксусной кислоты (60) и имеется спирт с такой же молекулярной массой — пропиловый. При этерификации уксусной кислоты массой 6 г пропиловым спиртом такой же массы действительно получается 10,2 г сложного эфира, что и подтверждает выдвинутое предположение:

$$6 6 10.2 1.8$$

$$CH_3COOH + C_3H_8O = CH_3COOC_3H_8 + H_2O$$

$$60 60 102 18$$

Заметим, что предлагаемая стратегия не заменяет, а лишь дополняет стандартные способы решения подобных задач.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. **Арнхейм Р.** Визуальное мышление: Хрестоматия по общей психологии [Электрон. ресурс]. М.: Изд-во МГУ. Режим доступа: http://strider.ru/2007/03/19/115. (24.04.2008).
- 2. **Гриндер М., Ллойд Л.** Исправление школьного конвейера. М.: Институт общегуманитарных исследований, 2001.
- 3. Мусенова Э. А., Ахметов М. А. Диагностика индивидуальных стилей мышления учащихся: Методическое пособие. — Ульяновск: УИПКПРО, 2008.

Ключевые слова: визуальное мышление, гомологическая разность, гомология, структурная изомерия, нахождение формулы органического вещества.

Key words: imagination, visualization, homologous difference, homologous series of organic compounds, structural isomerism, formulas of organic compounds.