



УДК 546

ОБЩИЙ ИНВАРИАНТ СОДЕРЖАНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Л.М. Вдовина

Саратовский государственный университет,
кафедра общей и неорганической химии
E-mail: tov99@rambler.ru



Статья посвящена систематизации и структурированию содержания курса неорганической химии для высших учебных заведений. Автор предлагает полную схему изучения фактического материала курса неорганической химии.

General Invariant of Contents of Inorganic Chemistry

L.M. Vdovina

The article is dedicated to systematization and structuring of content of college inorganic chemistry course. Author introduced comprehend scheme for studying the facts of inorganic chemistry.

*Памяти моего любимого учителя химии
Михаила Ивановича Быстрова*

Михаил Иванович Быстров (1899–1988) в 40–50-х годах работал учителем химии в СЖШ №1 города Саратова. Это был большой широкоплечий человек, прошедший войну, но не разучившийся мягко, по-доброму улыбаться. Он учил детей замечательному предмету – химии. Благодаря ему, химия становилась для учеников страной чудес, увлекательных и занимательных превращений. мудро, ненавязчиво заставлял их всматриваться в глубины этого сложного предмета и делать выводы. Михаил Иванович демонстрировал множество опытов и давал возможность ученикам проделывать их, приучая к точности и аккуратности. Мы старались учиться только на «пятерки» и с удивительным рвением посещали химический кружок, где не только ставили многочисленные опыты, но и оформляли фотоальбомы, журналы, готовили химические вечера. Помимо «мокрых» опытов, мы делали «бенгальские огни», сжигали «несгораемые» платки, получали «фараоновых змей», осаждали «золото» и серебрили монеты. И никаких «опасных ЧП» не происходило!

Многие выпускники СШ №1 закончили химический факультет Саратовского госуниверситета и достигли значительных высот в науке и на производстве. К их числу отно-

сятся доктора химических наук Р.К. Чернова (Терехова), Л.Г. Тебелев, В.М. Быстров (старший сын Михаила Ивановича); кандидаты химических наук С.С. Шамина (Хейловская), А.И. Гей (Крупчик), Л.М. Вдовина (Дворникова); кандидат технических наук М.М. Быстров (младший сын Михаила Ивановича); научные работники и химики-технологи О.В. Зоркина, Л.К. Павлова, Н.Н. Алакина, И.А. Рябская, Э.С. Арянова (Виллем), И.А. Гужвина (Додонова), А.Н. Семенова, Г.С. Стряпшина, В. Бритова, К.С. Быстрова (Лурье), Т.И. Братанова (Романова).

В одном из школьных сочинений я, будучи невообразимым дилетантом и мечтателем, написала, что, если когда-нибудь открою новый химический элемент, обязательно назову его именем своего школьного учителя. Совершить это открытие мне не удалось, но, вспоминая стремление Михаила Ивановича облегчить нам путь познания сложнейшей науки, я составила инвариант содержания неорганической химии.

В условиях постоянного роста объема научной информации и, следовательно, объема учебного материала по химии настойчиво выдвигается требование структурирования содержания неорганической химии, изучающей огромное число химических элементов, простых веществ и сложных соединений, и разработки локальных инвариантов, на базе которых возможно изменение подхода к изучению этой дисциплины [1].

Инвариант – это система знаний, обусловленная определенной структурой и состоящая из некоторого числа элементов, связанных между собой неизменными отношениями, не зависящими от условий преобразования, от логики построения методической системы изложения. Принципы инвариантности, по мнению Е. Вигнера [2], должны давать возможность установления новых со-



отношений между событиями на основании знания уже установленных соотношений.

Предпосылками для построения инварианта стали современные требования к обучению, системно-структурный подход к познанию явлений природы, современная логика, научная методология познания, научный базис неорганической химии, ее понятийный аппарат, опыт научного прогнозирования, структурирования и моделирования.

Предлагаемый инвариант характеризуется объективностью, доказательностью, доступностью, системностью, целостностью, принципом сохранения отношений [3] в разных условиях обучения, многоуровневым характером его содержания.

Общий инвариант неорганической химии включает фундаментальные химические понятия: «химический элемент»; «простое вещество»; «химическое соединение»; «состав», «строение», «свойства»; «способы получения»; «применение». Он имеет сложную структуру, представленную пятью блоками (локальными инвариантами) (рис.1).

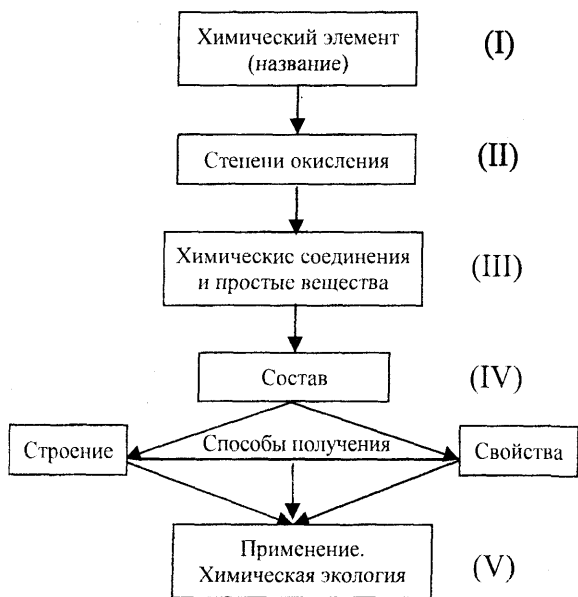


Рис.1. Общий инвариант содержания неорганической химии

Каждый локальный инвариант может быть развернут. Так, блок «Химический элемент» содержит важнейшие характеристики элемента и в развернутом виде представлен на рис.2. В соответствии с положением элементов в периодической системе для них указываются:

- n_1 – порядковый номер элемента в периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева;
- A_r – относительная атомная масса элемента;
- n_2 – номер периода и число электронных уровней в атоме элемента;
- n_3 – номер группы в периодической системе и число электронов на внешнем электронном уровне.

Этот блок содержит информацию об истории открытия элемента и развитии представлений о нем и его соединениях, а также сведения о нахождении соединений элемента в природе.

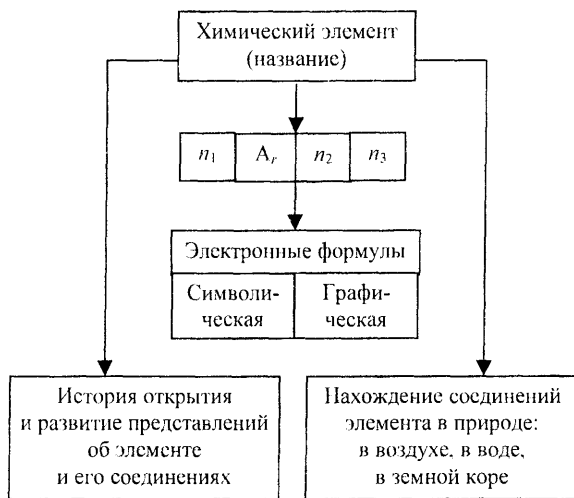


Рис.2. Локальный инвариант «Химический элемент» (блок I)

Используя электронные формулы атома, можно составить ряд возможных степеней окисления для данного элемента и перейти к блоку II «Степени окисления элементов» (рис. 3). Например, для водорода этот ряд имеет вид: $-1, 0, +1$; для кислорода: $-2, -1, 0, +1, +2$; для азота: $-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5$ и т.д.

Степени окисления элементов											
-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
Гидриды неметаллов и их производные				Простые вещества	Кислородные соединения металлов, неметаллов и их производные						

Окислительные свойства усиливаются →
← Восстановительные свойства усиливаются

Рис.3. Локальный инвариант «Степени окисления» (блок II)



При оценке соотношений в блоке II легко установить две противоположные тенденции: окислительные свойства соединений усиливаются с увеличением степени окисления атома; восстановительные свойства в этом направлении ослабевают, а усиливаются в противоположном направлении, особенно с переходом в область отрицательных значений степеней окисления.

Если говорить точнее об окислительно-восстановительных свойствах, то необходимо учитывать два фактора: ёмкость окислителя и восстановителя, с одной стороны, и активность окислителя и восстановителя, с другой стороны. Их ёмкость их определяется суммой электронов, отдаваемых восстановителем и принимаемых окислителем. Активность окислителя и восстановителя определяется наименьшим числом электронов, принимающих участие в процессе.

Блок III «Химические соединения и простые вещества» несет большую смысловую нагрузку, поэтому может быть разбит на несколько подсистем, представленных в виде табл. 1–3.

В табл.1 представлены гидриды неметаллов и металлов и их производные, начиная с аммиака. Гидриды неметаллов при взаимодействии с водой образуют различные продукты: гидроксид аммония – основание, вода – амфолит, раствор фтороводорода – кислота. В этом горизонтальном ряду свойства производных изменяются от основных до кислотных. Восстановителями в этом ряду являются отрицательно заряженные атомы неметаллов, восстановительные свойства которых в этом ряду ослабевают. Если продолжить вертикальный столбец HF – HCl – HBr – HI, то можно сказать, что сверху вниз в этом столбце усиливаются восстановительные свойства галогенид-ионов в связи с увеличением их радиуса и кислотные свойства гидридов в связи с ростом длины связи H – Hal. Эта же тенденция сохраняется и у других гидридов неметаллов.

Гидриды металлов существенно отличаются по своим свойствам от гидридов неметаллов. Восстановительными свойствами в них обладают отрицательно заряженные ионы водорода, поэтому их производными являются гидроксиды металлов:

Таблица 1

Водородные соединения неметаллов и металлов

Степени окисления металлов и неметаллов						
–4	–3	–2	–1	+1	+2	+3
Гидриды неметаллов и их производные				Гидриды металлов и их производные		
CH ₄	NH ₃	H ₂ O	HF	LiH	BeH ₂	BH ₃
–	NH ₄ OH	–	p-p кислоты	LiOH	Be(OH) ₂	H ₃ BO ₃
–	NH ₄ An	–	KF	LiAn	Be(An) ₂	B(An) ₃ K ₃ BO ₃

Таблица 2

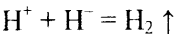
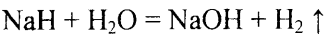
Кислородсодержащие соединения металлов

Степени окисления металлов						
+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
Основные оксиды		Амфотерные оксиды		Кислотные оксиды		
Основания		Амфолиты		Кислоты		
Соли						

Таблица 3

Кислородсодержащие соединения неметаллов

Кислородсодержащие соединения неметаллов и их производные							
0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
Простые вещества	Несолеобразующие оксиды		Кислотные оксиды				
	–		Кислоты				
	–		Соли				



В горизонтальном ряду у гидроксидов металлов основные свойства ослабевают с увеличением степени окисления металла.

В табл.2 представлен ряд возможных степеней окисления для типичных и переходных металлов. Важнейшими производными металлов являются кислородсодержащие соединения: оксиды – гидроксиды – соли. Оксиды металлов классифицируются как основные, амфотерные и кислотные. Им соответствуют гидроксиды: основания, амфолиты и кислоты. Следующий ряд производных – соли. Причем амфолиты образуют два вида солей. В первых из них металл является катионом, а во вторых – металл входит в состав аниона.



В табл.3 представлены кислородсодержащие соединения неметаллов и их производные. Как правило, низким степеням окисления неметаллов (+1, +2) соответствуют несолеобразующие оксиды. С возрастанием степени окисления увеличивается кислотность оксидов неметаллов, при взаимодействии их с водой образуются все более сильные кислоты, которые вместе с тем обладают высокой окислительной емкостью и являются сильными окислителями (HClO_4 , H_2SO_4 , HNO_3 и т.д.). Высокой окислительной способностью могут обладать и их соли.

Для изучения бинарных соединений целесообразно, проведя самостоятельный литературный поиск, составить три таблицы.

В первой из них по горизонтали располагаются изучаемые металлы, а по вертикали – исследуемые неметаллы; во второй по горизонтали – изучаемые металлы, по вертикали – исследуемые металлы; в третьей по горизонтали – изучаемые неметаллы, по вертикали – исследуемые неметаллы.

Образующиеся при пересечении горизонтальных и вертикальных линий клетки таблицы заполняются соответственно: формулами бинарных соединений металлов и неметаллов (оксидов, гидридов и солей); формулами интерметаллических соединений стехиометрического и нестехиометрического состава; формулами интерметаллических соединений.

При заполнении таких таблиц могут быть обнаружены новые интересные закономерности, поскольку многие элементы образуют между собой соединения различного состава, например SCl_2 , SCl_4 , NO , N_2O , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 и т.д. Эта работа может быть полезной также в плане постановки задач литературного синтеза и практического эксперимента.

Блок IV «Состав. Строение. Свойства» имеет сложную структуру (рис.4). Это очень важный локальный инвариант, позволяющий грамотно и полно охарактеризовать любое вещество. Состав отражается химической формулой, строение – указанием типа химических связей в нем; кристаллической структуры в твердом состоянии. Физические свойства – константами, которые отличают данное вещество от других. Химические свойст-

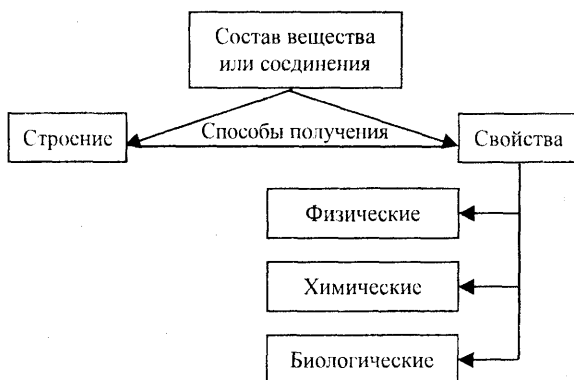


Рис. 4. Локальный инвариант «Характеристика простого вещества или сложного соединения» (блок IV)

ва определяются взаимодействием с другими веществами: окислительно-восстановительными реакциями, реакциями с простыми веществами – металлами и неметаллами, водой, щелочами, кислотами, солями и т.д. Очень важно здесь и рассмотрение биологических свойств соединений, заключающихся во влиянии изучаемого соединения на живые организмы и растения.

В этот известный в химии «классический треугольник» логично включается элемент «Способы получения». Это связано с зависимостью строения и свойств соединения от способа его получения. Недаром в настоящее время одной из важнейших задач химии является получение веществ с заранее заданными структурой и функциональными свойствами.

Блок V «Применение» логически связан с характеристиками вещества и его свойств. На рис.5 представлен развернутый локальный инвариант «Применение. Химическая экология».

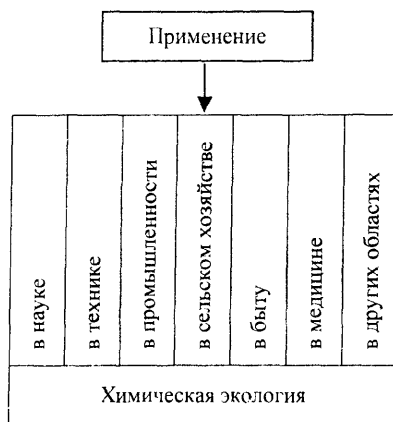


Рис.5. Локальный инвариант «Применение и химическая экология» (блок V)



Таким образом, на базе инварианта содержания неорганической химии возможны:

а) перспективное видение основной системы знаний;

б) существенные следствия относительно подачи и организации учебного материала;

в) организация познавательной деятельности по выявлению важнейших компонентов знаний и установлению внутри- и межпредметных связей на основе самостоятельного целеполагания;

г) использование графического изображения инварианта в качестве модели, с помощью которой можно получить новые данные об объекте;

д) использование этой модели в качестве наглядной опоры для системного усвоения главного и его деталей, для организации творческой деятельности по умножению подобных моделей.

Общий инвариант неорганической химии и его развернутые блоки позволяют логически, творчески подходить к изучению очень многообразного материала неорганической химии. Он обеспечивает системно-структурный подход к организации содержания и обучению этой сложной химической дисциплине.

Библиографический список

1. Вдовина Л.М., Кузнецова Н.Е. Методические рекомендации по структурированию содержания курса неорганической химии способом укрупнения дидактических единиц // Методические рекомендации по подготовке студентов-химиков педвузов к профессиональной деятельности. М.: Изд-во МГПИ им. В.И. Ленина, 1988. С.16–27.
2. Вигнер Е. События, законы природы, принципы инвариантности // Успехи физических наук. 1965. Т.85, вып.4. С.727–736.
3. Овчинников Н.Ф. Принципы сохранения. М.: Наука, 1966.