

О ВЗАИМОСВЯЗИ ХИМИИ И ФИЗИКИ: ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ

Ананьева Е.А.¹, Наговицына О.А.¹, Сергиевский В.В.¹

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия (115409, г. Москва, Каширское ш., 31.), e-mail: EAAananyeva@mephi.ru

Проведен анализ методики химических исследований и особенностей логики языка химии. Свойства любого вещества в химии определяют по результатам взаимодействий с другими веществами. Использование логики отношений приводит к тому, что в общем случае целостное описание химических свойств вещества достигается наборами различных терминов, включая антонимы. В зависимости от природы реагентов, относительно которых устанавливаются химические свойства, вещества могут быть и кислотами, и основаниями; и окислителями, и восстановителями, то есть проявляют химическую двойственность. Эта двойственность установлена в химии задолго до открытия дуализма "волна-частица", для понимания которого Н. Бор предложил принцип дополнительности. Химия имеет все атрибуты фундаментальной науки: методологию, язык, обширные области практического применения. Свойства вещества исследуются методами и химии, и физики, и других естественных наук, что соответствует принципу дополнительности.

Ключевые слова: химия, физика, редукция, методика исследований, язык химии, логика отношений, принцип дополнительности

THE RELATIONSHIP BETWEEN CHEMISTRY AND PHYSICS: COMPLEMENTARITY PRINCIPLE

Ananyeva E.A.¹, Nagovitsyna O.A.¹, Sergievskii V.V.¹

¹National Research Nuclear University "MEPhI" Moscow, Russia (115409, Moscow, Kashirskoye shosse 31), e-mail: EAAananyeva@mephi.ru

The analysis of the research technique and chemistry language peculiarities was carried out. Properties of any material in chemistry are defined by results of interaction with other substances. In general, usage of logic of relations results in the following aspect: complete description of the chemical properties of the substance achieved sets of various terms, including antonyms. The same substances can be both acids and bases, and oxidizing and reducing agents, namely exhibit chemical duality. It depends on the nature of the reagents, which are established with respect chemical properties. This duality is set in chemistry before the opening of dualism "wave-particle", for understanding that Bohr proposed the complementarities principle. Chemistry has all distinctive aspects of the fundamental science: methodology, language and vast application field. Chemical substance's properties are investigated by the help of chemical and physics as well as other natural sciences research techniques according to the complementarities principle.

Keywords: chemistry, physics, reducing, research technique, chemistry language, logic of relations, complementarity principle

Введение

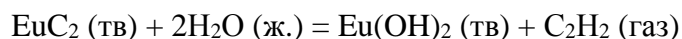
В настоящее время происходит сокращение объема фундаментальных естественнонаучных дисциплин в содержании и школьного, и высшего образования. Ситуация обостряется тем, что в классификациях естественных наук многие авторы не выделяют химию в качестве самостоятельной науки, ее редуцируют ("сводят") к физике [4]. Вместе с тем, еще в 1899 г. Д.И. Менделеев в предисловии к "Истории химии" Э. Мейера писал, что химия "выработала и продолжает развивать свой кругозор, который идет в параллель с чисто механическим и обещает его пополнить, хотя и доныне еще многие желают всю химию подчинить чисто механическим представлениям. Но, если науки об организмах приводят к пониманию индивидуальных особенностей, а науки физико-механического содержания стараются совершенно

устранить это понятие об индивидуализме, то химия, уже своим учением о самостоятельности химических элементов, очевидно, занимает срединное положение, оправдывающее тот интерес, который она представляет для философской мысли".

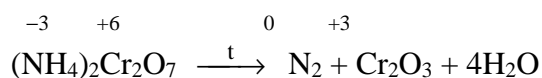
Химики высказывают по этому вопросу полярные мнения. Например, утверждается [3], что "сущность химии как фундаментальной науки заключена в теоретических представлениях, имеющих не только неэмпирический, но в не меньшей степени полуэмпирический и эмпирический характер". Авторы учебного пособия [2] считают химию отдельной наукой, поскольку она имеет "своеобразный, уникальный предмет изучения - колоссальное разнообразие веществ" и, более того, "сама создает свой предмет. ... Физика изучает законы природы, биология - законы жизни, все это существует и без нас. А химики изучают то, что сделали, придумали, синтезировали и изучили сами". В то же время, основные законы химии (Периодический закон, закон сохранения и закон действующих масс) названы авторами "проекцией" законов физики на химические явления". Согласиться с такой трактовкой нельзя: материальный мир, состоящий из химических веществ, существует объективно. Его исследование методами химии является необходимым условием выживания человечества.

Отдельные науки отличаются, прежде всего, методами исследования и наличием проблемно-ориентированных языков. Рассмотрим особенности методов классической химии.

Методология химических исследований. Свойства и строение вещества в химии устанавливаются по результатам превращений. Например, строение карбидов урана UC_2 и европия EuC_2 можно установить по продуктам их взаимодействия с водой. При гидролизе этих соединений кристаллические исходные реагенты превращаются в аморфные и наблюдается выделение газообразных компонентов. По плотности газов относительно воздуха определяют молекулярную массу газов. Установлено, что при гидролизе карбида урана выделяется этилен C_2H_4 , а при гидролизе карбида европия - ацетилен C_2H_2 . Понятно, что в исходных карбидах атомы металлов занимают места, по которым при гидролизе к фрагментам $C=C$ и $C\equiv C$ присоединились атомы водорода. Следовательно, степени окисления урана и европия в карбидах равны +4 и +2, соответственно, а реакции гидролиза записываются в виде



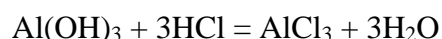
Разнообразие признаков, свидетельствующих о происходящих в системе химических превращениях, с использованием соответствующей базы справочных данных, позволяет расшифровать продукты превращения. В химическом опыте «вулкан» мы можем наблюдать изменение цвета соединений хрома и это свидетельствует об изменении его степени окисления, выделение газообразных веществ, паров воды, тепла.



Этот метод исследования нобелевский лауреат в области физики Р. Фейнман охарактеризовал следующим образом [9]: "Чтобы узнать, как расположены атомы в какой-нибудь невероятно сложной молекуле, химик смотрит, что будет, если смешать два разных вещества. Да физик нипочем не поверит, что химик, описывая расположение атомов, понимает, о чем говорит. Но вот ... появился физический метод, который позволяет разглядывать молекулу ... и описывать расположение атомов не по цвету раствора, а по измерению расстояний между атомами. И что же? Оказалось, что химики почти никогда не ошибаются".

Особенности языка и логики химии. Обычно под языком химии понимают химические символы элементов, формулы соединений, уравнения реакций, номенклатуры названий. С позиций семиотики (науки о знаковых системах) вещества можно рассматривать как знаки, химические значения (свойства) которых устанавливают по результатам превращений в тех или иных химических системах [7]. При этом свойства того или иного вещества устанавливают относительно других веществ. Естественно, что в этой логике отношений многие вещества проявляют свойства, которые отражаются в химической терминологии терминами, которые являются антонимами.

В химии широко представлены кислотно-основные взаимодействия, рассмотрение которых проводят с различных позиций. В терминологии нобелевского лауреата С. Аррениуса кислоты - вещества, при электролитической диссоциации которых в водных растворах отщепляются протоны, а основания - вещества, продуцирующие при диссоциации ионы гидроксидов. Были выделены гидроксиды металлов, которые проявляют свойства и кислот, и оснований. Например, относительно кислоты в реакции

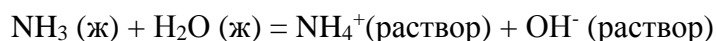


гидроксид алюминия проявляет свойства основания, а относительно основания в реакции

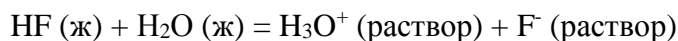


проявляет свойства кислоты. Это явление кислотно-основной двойственности в химии (амфотерность) в школьном курсе химии рассматривается как исключение. Однако оно является скорее правилом, чем исключением.

Рассмотрим кислотно-основные взаимодействия в различных средах на основе представлений Бренстеда-Лоури. Здесь кислота рассматривается как вещество, состоящее из молекул или ионов - доноров протонов, а основание - как вещество, состоящее из молекул или ионов - акцепторов протонов. Установлено, например, что в различных растворителях молекулы воды проявляют химическую двойственность. Так, при взаимодействии в жидком аммиаке



вода проявляется свойства сильной кислоты, а в жидком фтороводороде



она проявляет свойства сильного основания.

Не менее интересны результаты качественного определения структуры ассоциатов, которые образуются в жидкой воде. Согласно оценкам, сделанным по различным экспериментальным данным, число водородных связей, приходящихся на молекулу воды, больше двух. Можно полагать, что в воде существует какое-то количество тримеров воды.

В структуре тримера (рис.1) молекула воды (1) согласно представлениям Бренстеда-Лоури является основанием, молекула (3) - кислотой, а молекула (2) - и кислотой, и основанием.

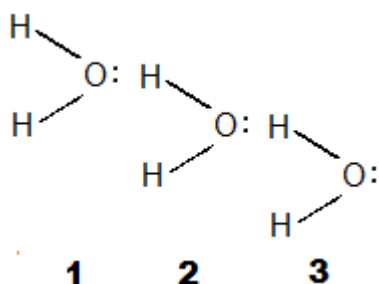
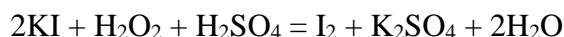


Рис.1. Структурная формула тримера воды

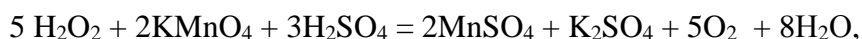
Бифункциональность присуща структуре многих веществ, в частности, аминокислот. В том, что эти соединения существуют не только в молекулярной форме $\text{HO}(\text{O})\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}_2$, но и в виде цвиттерионов $^-\text{O}(\text{O})\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}_3^+$, можно убедиться на примере простейшей аминокислоты - глицина

Проявление веществами противоположных свойств характерно не только для кислотно-основных, но и для других химических свойств. Так, электролитическая диссоциация веществ во многом определяется природой растворителя. Например, хлороводород в воде является сильным электролитом, в этиловом спирте - слабым электролитом, а в бензоле - неэлектролитом.

Многие вещества проявляют противоположные свойства в окислительно-восстановительных реакциях. Например, пероксид водорода в водных растворах, содержащих иодид-ионы, в реакции

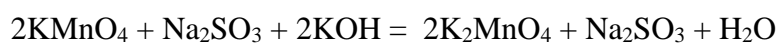
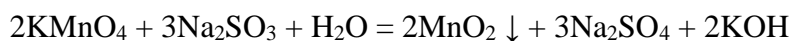


принимает электроны, то есть является окислителем. В системах H_2O_2 с перманганатом калия протекает реакция



то есть пероксид водорода является восстановителем.

Продукты окислительно-восстановительных реакций зависят от водородного показателя среды, что иллюстрируется следующими уравнениями



В этих реакциях образующиеся продукты превращения легко распознаются по цвету раствора и образованию осадка MnO_2 .

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что утверждения типа (либо..., либо...), характерные для формальной логики, в логике отношений, свойственной химии, сменяют утверждениями типа (и ..., и ...), содержащими термины - антонимы. Эту особенность логики химии обычно не доводят до сведения школьников и студентов. В результате для многих людей химия остается трудной для понимания наукой. Понятно, что закон исключенного третьего формальной логики в химии можно использовать лишь для полностью охарактеризованных химических систем. Например, без указания реагента, относительно которого устанавливается свойство, некорректен, например, следующий вопрос: является ли гидроксид цинка $\text{Zn}(\text{OH})_2$ кислотой или основанием?

Принцип дополненности. Открытие дуализма «волна-частица» в квантовой физике потребовало для его объяснения больших усилий выдающихся физиков. В 1927 г. нобелевский лауреат Н. Бор сформулировал принцип дополненности, согласно которому, для полного описания квантово-механических явлений необходимо применять два взаимоисключающих («дополнительных») набора классических понятий, совокупность которых даёт исчерпывающую информацию об этих явлениях как о целостных.

Тейяр де Шарден [10] утверждал, что какой-либо феномен, точно установленный хотя бы в одном месте, в силу фундаментального единства мира имеет повсеместные корни и всеобщее содержание. Действительно, необходимость использования для целостного описания химических свойств вещества набора различных, в том числе и противоположных терминов, установлена в химии еще в XIX веке.

История науки свидетельствует о том, что многие открытия химиков стимулировали развитие и становление новых разделов физики. Ряд явлений, например, высокотемпературная сверхпроводимость до настоящего времени не имеет общепринятого теоретического объяснения. Не до конца выявлена природа химической связи в металлокластерах, первый представитель которых $\text{Ta}_6\text{Cl}_{14} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ был получен в 1907 г. Между тем, в перспективе ожидается открытие порядка 10^9 индивидуальных соединений этого класса [1]. В [8] отмечено, что "структурная химия кластеров соединяет новизну строительных принципов и совершенство

геометрических форм молекул и ионов, содержащих неслыханные для прочих классов веществ, фрагменты: полиэдры из атомов металла, скрепленные связями металл-металл".

Известно, что для адекватной фиксации знания в языковой реальности необходимо множество языков. Ю.М. Лотман подчеркнул [5]: «Минимальной работающей структурой является наличие двух языков и их неспособность, каждого в отдельности, охватить внешний мир. Сама эта неспособность есть не недостаток, а условие существования, именно она диктует необходимость *другого* (другой личности, другого языка, другой культуры). Представления об оптимальной модели с одним предельно совершенным языком заменяется образом структуры с минимально двумя, а фактически с открытым списком разных языков, взаимно необходимых друг другу в силу неспособности каждого в отдельности выразить мир. Языки эти как накладываются друг на друга, по-разному отражая одно и то же, так и располагаются «в одной плоскости», образуя в ней внутренние границы. Их взаимная неперевоидимость (или ограниченная перевоидимость) является источником адекватности внеязыкового объекта его отражению в мире языков».

Рассмотрение химии с позиций семиотики свидетельствует о том, что эта наука имеет свои методы исследования вещества как специфической знаковой системы, а также проблемно ориентированный язык и прагматику. Нобелевский лауреат Н.Н. Семенов подчеркнул, что "химические превращения, то есть процессы получения из определенных веществ (сырья) новых веществ (продуктов), обладающих существенно новыми свойствами, являются основным и наиболее характерным предметом химии и как науки, и как производства" [6].

Таким образом, свойства вещества исследуются методами и химии, и физики, что соответствует принципу дополнительности и необходимости использования для познания мира и фиксации результатов в языковой реальности нескольких языков.

Список литературы

1. Губин С.П. Химия кластеров. Основы классификации и строение. – М.: Наука, 1987.
2. Еремин В.В., Борщевский А.Я. Основы общей и физической химии. – Долгопрудный: Издательский дом "Интеллект", 2012.
3. Корольков Д.В. Теоретическая химия - суверенная дисциплина // Российский химический журнал. – 1996. – Т. 40, № 3. – С. 26-38.
4. Курашов В.И., Соловьев Ю.И. О проблеме "сведения" химии к физике // Вопросы философии. – 1984. – № 9. – С. 89-98.
5. Лотман Ю.М. Культура и взрыв. – М.: Гнозис, 1992.
6. Семенов Н.Н. В кн.: Наука и общество. – М.: Наука, 1973. – С. 76.

7. Сергиевский В.В., Наговицына О.А., Ананьева Е.А. Язык химии: системно-семиотический подход // Образование и наука без границ: тезисы докл. международной конференции (Германия, г. Мюнхен, 17-22 ноября 2013 г.). – г. Мюнхен, Германия, 2013. – с.18.
8. Словохотов Ю.Л., Стручков Ю.Т. Архитектура кластеров // Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. – 1987. – Т. 32, № 1. – С. 25-33.
9. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэнде М. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1967. – С. 34.
10. де Шарден П.Т. Феномен человека. – М.: Прогресс, 1965.

Рецензенты:

Щербаков В.В., д.х.н., профессор, декан факультета естественных наук, ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г.Москва.

Борман В.Д., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва.

Голубев А.М., д.х.н., профессор, зав. кафедрой химии, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г.Москва.