

Доклады Академии Наук СССР

1937. Том XIV, № 4

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. А. ПЛОТНИКОВ, академик УАН, член-корреспондент Академии Наук СССР

ИЗОБАРЫ

Когда в статье «Протоновая изомерия»⁽⁴⁾ я сделал первую попытку объяснить происхождение изобара, было известно 8 пар изобаров (1928 г.). Когда же в 1933 г. в статье «Изобары»⁽⁶⁾ я изложил замеченные мной правильности в расположении изобаров, число пар изобаров возросло уже до 34, а в настоящее время число точно установленных масс-спектроскопическим методом изобарических пар^(2,3) достигло 43⁽¹⁾. При этом следует принять во внимание, что наряду с открытием новых изобаров вычеркиваются некоторые прежние, так, например, некоторые изотопы цинка по новейшим исследованиям оказались гидридами.

Еще в 1924 г. Астон⁽¹⁾ нашел такую правильность в расположении изобаров: в большинстве случаев порядковые номера элементов, образующих изобарические пары, четные и различаются в каждом случае на 2 единицы; общий атомный вес также представляет число четное. Астон приводит и некоторые несомненные исключения из этого правила.

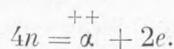
Приводим здесь установленные в настоящее время 43 пары изобарических элементов⁽²⁾:

| | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Ar | Ti | Zr | Ge | Ge | Se | Se | Se |
| | Ca | Cr | Ge | Se | Se | Kr | Kr | Kr |
| | 40 | 50 | 70 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 |
| Kr | Zr | Zr | Zr | | | | | |
| Sr | Mo | Mo | Mo | Mo | Mo | Ru | Ru | Pd |
| 86 | 92 | 94 | Ru | Ru | Ru | Pd | Pd | Cd |
| | | | 96 | 98 | 100 | 102 | 104 | 106 |
| Pd | Cd | Cd | Cd | In | Cd | Sn | Sn | |
| Cd | Sn | In | Sn | Sn | Sn | Sb | Te | |
| 108 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 121 | 122 | |
| | Sb | Sn | Te | Te | Te | Xe | Ce | |
| | Te | Te | Xe | Xe | Xe | Ba | Nd | |
| | 123 | Xe | 126 | 128 | 130 | 136 | 142 | |
| | | | 124 | | | | | |
| | Nd | Yb | W | Os | Pt | Au | Pt | |
| | Sm | Hf | Os | Pt | Hg | Hg | Hg | |
| | 144 | 176 | 186 | 192 | 196 | 197 | 198 | |
| | | Hg | Hg | Tl | Pb | | | |
| | | Tl | Pb | Pb | Bi | | | |
| | | 203 | 204 | 206 | 209 | | | |

Внизу для каждой изобарической пары приведен общий массовый номер (атомный вес, выраженный целым числом).

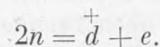
Как видно из таблицы, 35 пар удовлетворяют правилу Астона; 8 пар, т. е. почти пятая часть всех известных изобаров, представляют исключение из этого правила; у этих изобаров порядковые номера различаются не на 2, как у остальных 35 пар, а только на 1. Однако эти 8 изобарических пар в свою очередь обнаруживают следующую правильность: изобары, уклоняющиеся от правила Астона, можно разбить на группы по 2 изобарических пары таким образом, что высший по порядковому номеру изобар более легкой пары всегда представляет изотоп низшего по порядковому номеру изобара более тяжелой пары. Так например, возьмем из таблицы первые две пары, представляющие исключение из правила Астона: Cd—In 113 и In—Sn 115. Порядковые номера Cd (48) и In (49) отличаются только на 1, так же как и порядковые номера In (49) и Sn (50). Но в обе пары входит один и тот же элемент In, только с разными массовыми номерами: в первую пару входит изотоп с атомным весом 113, во вторую—115.

В своих прежних работах я объяснил образование изобаров внутриатомным уплотнением. Четыре нейтрона образуют α -частицу с выделением двух электронов:



Альфа-частица с двумя положительными зарядами остается в ядре, а два электрона переходят во внешнюю оболочку, и таким образом получается новый атом, у которого порядковый номер на 2 больше, а массовый номер остался тот же самый, т. е. образуется изобар, удовлетворяющий правилу Астона.

Но кроме α -частиц в состав ядра могут входить еще и дейтроны (d), массы которых вдвое меньше α -частицы и которые образуются из двух нейтронов:



Этот процесс приводит к образованию изобара, уклоняющегося от правила Астона, так как порядковый номер изобаров в этом случае различается только на 1.

Но на образование дейтрона можно смотреть как на первую стадию образования α -частицы. Поэтому в одном из изотопов образовавшегося изобара (например In из Cd), где создаются благоприятные условия для окончания процесса уплотнения, происходит образование нового изобара, также уклоняющегося от правила Астона.

Таким образом из Cd 113 образуется сначала изобар In 113, а из изотопа In 115 образуется второй изобар Sn 115. Изотоп In 115 отличается от изотопа In 113 прибавкой двух новых нейтронов; возможно, что появление этих новых нейтронов и создает условия, благоприятные для окончания процесса уплотнения, т. е. для образования нового дейтрона, который в соединении с образовавшимся ранее дейтроном может образовывать α -частицу. При таком двухступенном образовании α -частицы процесс уплотнения разбивается на две стадии, происходящие в различных изобарических парах.

Процесс, происходящий в каждой группе изобаров, уклоняющихся от правила Астона, соответствует процессу, происходящему в каждой отдельной изобарической паре по правилу Астона.

Все изобары с разницей в порядковом номере на 1 можно разбить на следующие 4 группы:

| | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Cd — In 113 | Sn — Sb 121 | An — Hg 197 | Tl — Pb 206 |
| 115 In — Sn | 123 Sb — Te | 203 Hg — Tl | 209 Pb — Bi |

На основании вышеизложенного можно сказать, что все изобары подчиняются следующему правилу: порядковые номера изобаров различаются на 2 или на 1. Изобары, порядковые номера которых различаются на 1, образуют группы по две изобарических пары таким образом, что высший по порядковому номеру изобар более легкой пары (In, Sb, Hg, Pb) представляет изотоп низшего по порядковому номеру изобара более тяжелой пары: In 113 и 115, Sb 121 и 123, Hg 197 и 203, Pb 206 и 209.

Если образование изобара представляет процесс внутриатомного уплотнения, то эта ядерная реакция должна сопровождаться потерей массы. Для проверки этого вывода стоит только сравнить средние потери массы (упаковочный эффект, packing fraction) изобаров; по нашей гипотезе эта потеря массы должна быть больше у изобара с высшим порядковым номером. К сожалению только для двух пар изобарических элементов установлены масс-спектрографически точные атомные веса, именно для Se и Kr с массовыми числами ⁽¹⁾ 78 и 80.

У изобаров с массовым номером 78 средняя потеря массы $\times 10^4$ равняется для Se 8, для Kr 9.4; у изобаров с массовым номером 80: для селена 7.3, для Kr 9.1. Таким образом вывод наш подтверждается вполне, но чисел мало и они носят характер приблизительный. Приблизительный подсчет можно еще сделать для изобарической пары Xe — Ba с массовым номером 136. Из различных изотопов Xe и Ba Астон определил среднюю потерю массы только для Xe 134 и для Ba 138. Между тем сравнение чисел для различных изотопов показывает, что при изменении массового номера на 2 средняя потеря массы меняется очень мало. Поэтому для Xe 136 мы можем принять среднюю потерю массы, полученную Астоном для Xe 134, т. е. 5.3×10^{-24} , а для Ba 136 — число, найденное для Ba 138, т. е. 6.1×10^{-24} . Как видно, и здесь потеря больше у изобара с большим порядковым номером. Правда, здесь приходится оперировать числами, при определении которых погрешность опыта очень велика, но следует принять во внимание, что мы воспользовались всеми данными, какие можно было найти в результатах, опубликованных Астоном.

Институт химии
Украинской Академии Наук.
Киев.

Поступило
17 XII 1936.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Aston, Masspectra and Isotopes, 175 (1933). ² Hahn, Berichte d. Deutsch. Chem. Gesellsch., № 2, A, 5 (1936). ³ Bethe a. Bacher, Nuclear Physics Reviews of Modern Physics, 8, № 2, 82 (1936). ⁴ В. А. Плотников, ЖРФХО, 60, 209 (1928); W. A. Plotnikow, ZS. für phys. Chem., 129, 427 (1927). ⁵ В. А. Плотников, ЖОХ, 1, 446 (1931). ⁶ В. А. Плотников, Зап. Инст. хим. ВУАН, 1, 19 (1934). ⁷ В. А. Плотников, Изв. КПИ (1934). ⁸ W. A. Plotnikow, ZS. für Physik, 28, 339 (1934).