

П-312

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Р - 2558



В.И. Петрухин, Л.И. Пономарев, Ю.Д. Прокошкин

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ОДНОЙ ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ
В ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ
ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

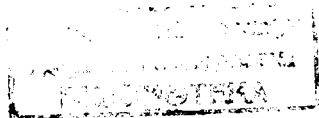
1966

P - 2558

В.И. Петрухин, Л.И. Пономарев, Ю.Д. Прокошкин

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ОДНОЙ ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ
В ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Направлено в „Журнал структурной химии“



4069/2
нр.

В данной заметке мы хотим обратить внимание исследователей, работающих в области строения вещества, на одну возможность использования ядерных реакций при решении некоторых вопросов структурной химии.

В последнее время была экспериментально изучена^{/1-6/} ядерная реакция перезарядки остановившегося π^- -мезона на протоне



в различных химических соединениях, содержащих водород. Реакция (1) протекает интенсивно только на ядрах водорода $H_2^x/$ и He^a , а на всех других ядрах резко подавлена^{/7/} (до уровня 10^{-4} и ниже). Эта реакция имеет свой характерный "почерк" (распад $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$), что позволяет надежно выделять ее на фоне других процессов.

В чистом водороде H_2 вероятность перезарядки остановившегося π^- -мезона близка к единице. Однако, если водород связан в химическое соединение вида $Z_m H_n$ (LiH , $C_2 H_4 \cdot H_2 O$ и т.д.), то реакция (1) сильно подавлена^{/1-6,8/}. При этом ее вероятность $W_{Z_m H_n}$ резко зависит от заряда Z тяжелого ядра в молекуле $Z_m H_n$ ^{/1-5/}:

$$\frac{m}{n} W_{Z_m H_n} = A_L Z^{-8} \quad (2)$$

Величины A_L зависят только от номера L периода таблицы Менделеева, к которому принадлежит атом с зарядом ядра Z , и возрастают с ростом L ($A_{L+1}/A_L \approx 3$). Соотношение (2) не зависит от плотности и от агрегатного состояния вещества: в одном из опытов плотность этилена $C_2 H_4$ изменялась в 110 раз, однако величина $W_{C_2 H_4}$ осталась неизменной.

Перечисленные факты приводят к выводу, что указанный эффект подавления реакции (1) в соединениях $Z_m H_n$ определяется химическими силами. Такая сильная зависимость вероятности ядерной реакции (1) от наличия химической связи между атомами H и Z является довольно неожиданной, так как известно, что химические свойства веществ определяются внешними электронными оболочками, размеры которых ($\approx 10^{-8}$ см) намного превышают радиус действия ядерных сил ($\approx 10^{-13}$ см).

^{x/} В случае дейтерия D_2 реакция (1) подавлена более чем в 10^3 раз.

Для объяснения результатов перечисленных экспериментов была предложена модель "больших мезомолекул"^{/9/}, суть которой сводится к следующему. Ядерная реакция (1) возможна только из промежуточного состояния мезоатома $p\pi^-$ (размеры которого $\approx 10^{-11}-10^{-10}$ см). Для его образования π^- -мезон должен вначале затормозиться в веществе до тепловых скоростей, а затем перейти из непрерывного спектра в дискретный. При этом возможны различные механизмы такого перехода. Основное утверждение модели состоит в том, что переход π^- -мезона в дискретный спектр происходит не на уровни изолированных мезоатомов $Z\pi^-$ и $p\pi^-$, а на мезомолекулярные орбитали всей системы $ZH\pi^-$ (их размеры $\approx 10^{-8}$ см). В дальнейшем происходит перераспределение π^- -мезонов с общего уровня системы $ZH\pi^-$ на уровни изолированных мезоатомов $Z\pi^-$ и $p\pi^-$ за счет радиационных переходов. Эта модель объясняет подавление и резкую Z-зависимость вероятности реакции (1) в водородосодержащих веществах, а также другие особенности процессов, изученных в работах^{/1-7/}. Она подтверждается также рядом последних экспериментов по изучению структуры мезорентгеновской серии в химических соединениях^{/10,11/}.

Подчеркнем, однако, что, независимо от теоретических толкований деталей механизма описанного явления, в работах^{/1-7/} экспериментально получен следующий результат: ядерная реакция (1) происходит по-разному в смесях веществ типа $Z + H_2$ и в химических соединениях вида $Z_m H_n$ (при равной атомарной концентрации H и Z). Например, в гидразине N_2H_4 вероятность реакции (1) на два порядка величины меньше, чем в смеси газов $N_2 + 2H_2$. Очевидно, что такой чувствительный критерий, позволяющий отличать связанный водород от свободного, может оказаться полезным при выяснении многих вопросов структурной химии, кинетики и катализа химических реакций и т.д. В частности, к таким вопросам относятся: кинетика и катализ реакций типа $Z + H_2 \rightarrow Z_m H_n$; природа и кинетика явлений адсорбции, сорбции и хемосорбции; роль кристаллизационной воды в соединениях и способ, которым она в них связана; структура льда при низких температурах; природа водородной связи и т.д.

Конечно, сейчас трудно перечислить все области исследований, в которых описанный эффект может найти применение. Однако мы надеемся, что со временем он станет рабочим инструментом в различных физико-химических исследованиях.

Авторы признательны С.С. Герштейну, В.И. Гольданскому, О.Н. Ефимову, и Г.П. Смирновой за многочисленные и полезные обсуждения.

Л и т е р а т у р а

1. А.Ф. Дунайцев, В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, В.И. Рыкалин. ЖЭТФ, **42**, 1680 (1962).
2. V.I. Petrukhin, Yu.D. Prokoshkin. Nuovo Cim., **28**, 99 (1962).

3. В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин. ДАН СССР, **160**, 71 (1965).
4. A.F. Donaitsev, V.I. Petrukhin, Yu.D. Prokoshkin. Nuovo Cim., **34**, 521 (1964).
5. M. Charbe, P. Depommier, J. Heintze, V. Sorgel. Phys. Lett., **5**, 67 (1963).
6. З.В. Крумштейн. ОИЯИ, Дипломная работа (1966).
7. V.I. Petrukhin, Yu.D. Prokoshkin. Nucl. Phys., **54**, 414 (1964).
8. W.K.H. Panofsky, B.L. Aamodt, J. Handly. Phys. Rev., **81**, 556 (1951).
9. Л.И. Пономарев. Ядерная физика, **2**, 223 (1965).
10. В.Г. Зинов, А.Д. Конин, А.И. Мухин. Препринт ОИЯИ, Р-2039, Дубна, 1965.
11. В.Г. Зинов, А.Д. Конин, А.И. Мухин. Ядерная физика, **2**, 869 (1965).

Рукопись поступила в издательский отдел
1 февраля 1966 г.