

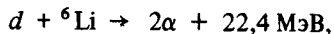
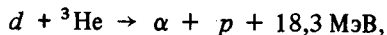
МЮОННЫЙ КАТАЛИЗ РЕАКЦИИ $p - Z$ СИНТЕЗА ПРИ $Z > 1$

А.В.Кравцов, Н.П.Попов, Г.Е.Солякин

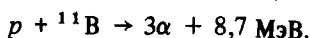
Показано, что в несимметричной $Zp\mu$ молекуле ($Z > 1$) скорость реакции синтеза ядер мала в сравнении со скоростью диссоциации молекулы и распада мюона.

Известно, что наиболее важным следствием образования $dd\mu$ и $dt\mu$ молекул является катализ реакций ядерного синтеза ¹. Вследствие высоких скоростей реакции образования $dt\mu$ молекулы $\lambda_{dt\mu} \sim 10^8 \text{ с}^{-1}$ и реакции синтеза $\lambda_{dt}^f \sim 10^{12} \text{ с}^{-1}$ и малого коэффициента прилипания $\omega_s \sim 0,01$ ^{1, 2} обсуждается возможность использования мюонного катализа в dt -системе для производства энергии ³.

На первый взгляд представляется перспективным использование мезокаталитических реакций синтеза с участием ядер с $Z > 1$. Например, рассматриваются в связи с мюонным катализом реакции синтеза в системах ⁴



а также обсуждается мезокатализ в системе ^{4, 5}



Привлекательность этих реакций объясняется, например, отсутствием в конечном состоянии нейтронов. Однако необходимым условием реализации мюонного катализа является возможность образования мезомолекул $Z\mu$.

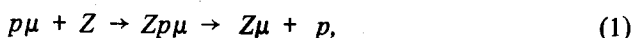
Вопрос образования несимметричных ($Z > 1$) мезомолекул рассматривался для систем $\text{He}\mu$ и $\text{Li}\mu$ (для любых изотопных смесей) в работах ⁶⁻⁸. При этом были получены связанные состояния мезомолекул и рассчитаны скорости их образования λ_m , которые для тепловой энергии соударения $\epsilon_0 \approx 0,04$ эВ приведены в таблице. С расчетными значениями λ_m согласуются экспериментальные данные, полученные для мезомолекул ${}^4\text{He}\mu$ ⁹, ${}^4\text{He}\mu$ ¹⁰, ${}^3\text{He}\mu$ и ${}^3\text{He}\mu$ ².

Скорости образования $\text{He}\mu$ и $\text{Li}\mu$ мезомолекул, вычисленные при $\epsilon_0 \approx 0,04$ эВ

$\lambda_m, 10^8 \text{ с}^{-1}$					
${}^3\text{He}\mu$	${}^4\text{He}\mu$	${}^3\text{He}\mu$	${}^4\text{He}\mu$	${}^3\text{He}\mu$	${}^4\text{He}\mu$
0,87	0,44	1,48	2,03	5,62	1,98

$\lambda_m, 10^6 \text{ с}^{-1}$					
${}^6\text{Li}\mu$	${}^7\text{Li}\mu$	${}^6\text{Li}\mu$	${}^7\text{Li}\mu$	${}^6\text{Li}\mu$	${}^7\text{Li}\mu$
22,1	10,8	3,45	1,85	2,08	0,81

В то же время, в отличие от μ -мезомолекул изотопов водорода, несимметричные $Z\mu$ молекулы образуются в возбужденном состоянии по классификации молекулярных термов и отвечают квазистационарным состояниям, диссоциирующим в результате радиационных или оже-переходов в состояние сплошного спектра по реакции



которая имитирует прямую перезарядку. Согласно расчетам ^{7, 8} время жизни мезомолекул порядка 10^{-12} с.

Оценивая скорость реакции синтеза ядер в мезомолекуле, получим

$$\lambda^f \sim \begin{cases} 100 \text{ с}^{-1} & \text{для } {}^3\text{He}\mu \\ 0,01 \text{ с}^{-1} & \text{для } {}^6\text{Li}\mu \end{cases} \quad (2)$$

Малая скорость реакции синтеза ядер в этих молекулах в сравнении с мезомолекулами водорода объясняется, главным образом, большим равновесным межъядерным расстоянием R_m , которое для $\text{He}\mu$ -молекул составляет $\sim 4a_\mu$ (a_μ – боровский радиус мезоводорода), а для $\text{Li}\mu$ -молекул $R_m \approx 6a_\mu$ (в сравнении $R_m \approx 2a_\mu$ для мезомолекул водорода). Что касается $\text{Vr}\mu$ -системы, то вследствие увеличения кулоновского барьера равновесное межъядерное расстояние достигает значения $R_m \approx 15a_\mu$ ¹¹ и даже при наличии связанных состояний ${}^{11}\text{Vr}\mu$ -молекулы скорость реакции синтеза λ^f будет пренебрежимо мала не только в сравнении со скоростью диссоциации молекулы, но и со скоростью распада мюона $\lambda_0 \approx 0,45 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$. Причем следует ожидать, что реакция прямой перезарядки будет определяющей для $Z \geq 4$ ^{12, 13}.

Итак, вследствие сравнительно больших размеров $Zp\mu$ молекул и их малого времени жизни (и высокой скорости прямой перезарядки при $Z \geq 4$) реакция синтеза ядер p и Z в мезомолекулах, образуемых при $\epsilon \sim \epsilon_0$, не представляется практически осуществимой. Что касается реакции синтеза ядер "на лету", то, как показано в работах ¹⁴ для dt -системы, она будет сильно подавлена в сравнении со скоростью синтеза из мезомолекулярного состояния. Аналогичное рассмотрение справедливо и для $Zp\mu$ -системы. В то же время, при значительном увеличении температуры сильная ионизация мишени исключает возможность процесса образования мезомолекул ¹.

Авторы благодарны Л.И.Пономареву за обсуждение вопроса.

Литература

1. Ponomarev L.I. Atomkernenergie / Kerntechnik, 1983, **43**, 175.
2. Jones S.E. et al. Phys. Rev. Lett., 1983, **51**, 1757.
3. Petrov Yu. V. Nature, 1980, **285**, 466.
4. Kuzmar A. Atomkernenergie/Kerntechnik, 1983, **43**, 203.
5. Sguigna A.P., Harms A.A. Atomkernenergie/Kerntechnik, 1983, **43**, 207.
6. Аристов Ю.А., Кравцов А.В. и др. ЯФ, 1981, **33**, 1066.
7. Kravtsov A. V. et al. Phys. Lett., 1981, **83 A**, 379.
8. Кравцов А.В. и др. ЯФ, 1982, **35**, 1498.
9. Быстрицкий В.М., Желепов В.П., Петрухин В.И., Руденко А.И., Суворов В.М., Фильченков В.В., Хованский Н.Н., Хоменко Б.А. ЖЭТФ, 1983, **84**, 1257.
10. Balin D.V. et al. Preprint LINP, 1983, No. 895; Phys. Lett., 1984, в печати.
11. Комаров И.В., Пономарев Л.И., Славянов С.Ю. Сферонидальные и кулоновские сферонидальные функции. М.: Наука, 1976.
12. Герштейн С.С. ЖЭТФ, 1962, **43**, 706.
13. Lascorini E. et al. Nuovo Cim., 1982, **67 A**, 201.
14. Богданова Л.Н. и др. ЯФ, 1981, **34**, 1191; Богданова Л.Н., Маркушин В.Е., Мележик В.С. ЖЭТФ, 1981, **81**, 829.