

с346
3-38

488

Б.Н. Захарьев

μ^- - МЕЗОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИОНЫ ВОДОРОДА
И μ^- - МЕЗОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Автореферат диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
доктор физико-математических наук
профессор Я.А. Смородинский

Дубна 1960 год

с346

3-38

488

Б.Н.Захарьев

μ^- - МЕЗОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИОНЫ ВОДОРОДА
И μ^- -МЕЗОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Автореферат диссертации, представленный на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук

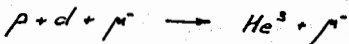
Научный руководитель
доктор физико-математических наук
профессор Я.А.Сморodinский

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

μ^- -мезоны занимают особое место среди элементарных частиц, известных в настоящее время. Подобные электронам и позитронам во многих явлениях, они однако очень сильно различаются по массе и времени жизни /период полураспада для μ^- : $\tau = 2.2 \cdot 10^{-6}$ сек/. С полевой точки зрения такое различие в массах должно было бы быть следствием различий во взаимодействиях μ^- -мезонов и электронов с другими элементарными частицами, что однако пока не было обнаружено. В связи с этим большой интерес представляет изучение взаимодействий μ^- -мезонов с другими частицами. Особенно заманчивыми являются эксперименты по захвату μ^- -ядрами водорода. В этом случае мы имеем дело с наиболее "чистым" случаем по сравнению с захватом μ^- -другими элементами, когда необходимо учитывать различные ядерные структурные факторы, не известные до сих пор с требуемой точностью, из-за недостаточного знания волновых функций ядра.

Взаимодействие μ^- -мезона с ядрами в большой степени зависит от состояния, в котором он находится. Это состояние в свою очередь зависит от тех процессов, которые происходят с μ^- в веществе до его захвата ядром.

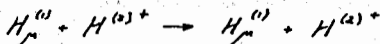
Поводом для целого ряда работ, посвященных изучению поведения μ^- -мезонов в веществе послужило открытие группой Альвареса¹ в водородной камере ядерной реакции синтеза:



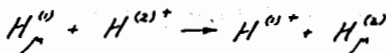
предсказанной в теоретических работах Франком², Зельдовичем³ и Сахаровым⁴.

В данной работе рассматривается ряд процессов, связанных с μ^- -мезонами в среде водорода и его изотопов^{5,6} и вычислены соответствующие сечения и вероятности. К таким процессам относятся:

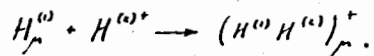
а/ упругое рассеяние мезоатомов на ядрах изотопов водорода



б/ обмен μ^- -мезоном между различными ядрами /так называемая перезарядка/



с/ образование мезомолекулярных ионов:



Последнее может происходить различными способами и на различные уровни мезомолекулярных ионов.

В работе вычислены значения для энергетических уровней мезомолекулярных ионов и соответствующие собственные функции.

Задача о вычислении сечений вышеуказанных процессов и нахождении собственных значений и собственных функций мезомолекулярных ионов сводится в основном к задаче о движении трех тел, взаимодействующих между собой при помощи кулоновских сил: двух положительно заряженных ядер изотопов водорода с массами M_1, M_2 , и μ^- мезона. Решение проводилось с точностью до поправочных членов $\sim (\frac{m_{\mu}}{M})^2$, где m_{μ} - масса μ^- мезона, а M приведенная масса двух тяжелых частиц. Особенно сложным оказывается случай неравных масс $M_1 \neq M_2$. В этом случае центр масс и центр заряда водородных ядер не совпадают, вследствие чего появляется дипольный момент⁷, который делает возможными переходы между состояниями различной симметрии относительно перестановки ядер.

При этом задача сводится к решению системы двух дифференциальных уравнений второго порядка, решение которой проводилось на электронной счетной машине БЭСМ в вычислительном центре АН СССР. Результаты вычисления представлены в таблицах I-IV.

Рассмотрен вопрос о деполаризации⁸ мезонов в водороде, дейтерии, тритии за счет перезарядок.

Показано, что μ^- мезоны деполаризуются в среде жидкого водорода еще до замедления мезоатомов до тепловых энергий.

Определенный интерес представляет также вопрос о переходах μ^- мезонов с ядра водорода на ядро с зарядом $Z > 1$. В работе рассматривается перезарядка μ^- мезона с водорода на ядро $He_3^2 (Z=2)$

Таблица I
Сечения перезарядки и упругого рассеяния

	$p_{\mu} + d$	$p_{\mu} + t$	$d_{\mu} + t$
$\delta_{ex} \cdot v$	$3,42 \cdot 10^{-13} \frac{см}{сек.}$	$1,49 \cdot 10^{-13} \frac{см}{сек.}$	$1,15 \cdot 10^{-15} \frac{см}{сек.}$
$\delta_{упр}$	$1,98 \cdot 10^{-19} см^2$	$1,53 \cdot 10^{-19} см^2$	$2,41 \cdot 10^{-19} см^2$

Таблица II
сечения упругого рассеяния мезоатомов

	$d_{\mu} + p \rightarrow d_{\mu} + p$	$t_{\mu} + p \rightarrow t_{\mu} + p$	$t_{\mu} + d \rightarrow t_{\mu} + d$
λ	2,03	10	8,7
$\delta_{упр}(0)$	$3,39 \cdot 10^{-20} см^2$	$2,24 \cdot 10^{-19} см^2$	$38,9 \cdot 10^{-20} см^2$

Таблица III
уровни мезомолекул в eV

/Для мезомолекул с различными ядрами уровни энергии отсчитываются от уровня более тяжелого изотопа/

	L=0		L=1		L=2	L=3
	n=0	n=1	n=0	n=1	n=0	n=0
$(pp)_{\mu}^{+}$	252	-	109	-	-	-
$(dd)_{\mu}^{+}$	330	40	227	7	88	-
$(tt)_{\mu}^{+}$	367	86	288	45	170	50
$(pd)_{\mu}^{+}$	220	-	90	-	-	-
$(pt)_{\mu}^{+}$	213	-	88	-	-	-
$(dt)_{\mu}^{+}$	318	32	232	-	102	-

Таблица 1У

Вероятность образования молекул в единицах 10^6сек^{-1} в жидком водороде

$(pp)_\mu^+$	$(pdd)_\mu^+$	$(tt)_\mu^+$	$(pd)_\mu^+$	$(dt)_\mu^+$	$(pt)_\mu^+$
1,53	0,006	0,38	0,7	~0,001	0,25

В случае мезомолекулярных ионов $(dd)_\mu^+$ и $(dt)_\mu^+$ из-за наличия близкого к нулю колебательного уровня следует учитывать вероятность образования молекул с помощью механизма $O-O$ перехода. Вероятности этих процессов вычислены в работе.

В заключение выражаю глубокую благодарность Я.Б.Зельдовичу, А.Д.Сахарову, Я.А.Смородинскому, С.С.Герштейну, В.Б.Беляеву, С.П.Ломневу за помощь и весьма полезные дискуссии.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 февраля 1960 года.

Л и т е р а т у р а

1. L.W. Alvarez et al., *Phys. Rev.* 105, 1125, (1957).
2. F.C. Frank, *Nature* 160, 525, (1947).
3. Я.Б.Зельдович. ДАН, 95, 493 /1954/.
4. А.Д.Сахаров. Отчет ФИАН /1948/.
5. В.Б.Беляев, С.С.Герштейн, Б.Н.Захарьев, С.П.Ломнев. Препринт Р-397 ОИЯИ /1959/.
6. В.Б.Беляев, С.С.Герштейн, Б.Н.Захарьев, С.П.Ломнев. ЖЭТФ 37 6 /12/ /1959/.
7. Я.Б.Зельдович, А.Д.Сахаров. ЖЭТФ, 32, 947 /1957/.
8. В.Б.Беляев, Б.Н.Захарьев. ЖЭТФ, 35, 98 /1958/.