

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

С346

П-30

P - 465

М.Г.Петрашку

О МЕХАНИЗМЕ ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР  
 $U^{238}$  И  $Th^{232}$   
ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ  $\mu$  -МЕЗОНАМИ

Автореферат диссертации на соискание  
ученой степени кандидата физико-  
математических наук

Дубна 1960 год

С 346  
П-30

P-465

М.Г.Петрашку

1024 88.  
О МЕХАНИЗМЕ ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР  
 $U^{238}$  И  $Th^{232}$   
ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ  $\mu$ -МЕЗОНАМИ

Автореферат диссертации на соискание  
ученой степени кандидата физико-  
математических наук

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

1. Отрицательный  $\mu^-$ -мезон, захваченный атомом урана или тория на боровскую орбиту с  $n = \ell + 1$ , переходит на К-орбиту за время приблизительно равное  $10^{-15}$  сек. Этот интервал времени гораздо короче, чем время жизни  $\mu^-$ -мезона, равное  $2 \cdot 10^{-6}$  сек, так что практически все  $\mu^-$ -мезоны достигают К-орбиты. Энергии последних переходов  $2p_{3/2} - 1s$  и  $2p_{1/2} - 1s$  в случае урана были рассчитаны автором путем численного интегрирования уравнения Дирака /см. приложение 1 диссертации/. Эти энергии равны 6,53 Мэв для  $2p_{3/2} - 1s$  перехода и 6,41 Мэв для  $2p_{1/2} - 1s$  перехода.

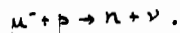
В случае тория соответствующие энергии должны быть близкими к этим величинам, поскольку в свинце энергия  $2p_{3/2} - 1s$  перехода равна 6,02 Мэв /1/.

Так как порог фотоделения равен для урана 5,1 Мэв, а для тория - 5,4 Мэв, то, на первый взгляд, можно ожидать, что процесс деления будет происходить за счет выделения энергии при  $2p - 1s$  -переходе. В работе /2/ Зарещкий рассчитал отношение вероятности  $W$  прямого возбуждения ядра урана при оптическом переходе  $2p - 1s$  к вероятности  $W_\gamma$  испускания  $\gamma$ -кванта в этом переходе:

$$\frac{W}{W_\gamma} = 5 + 20.$$

Это означает, что 83% - 95%  $\mu^-$ -мезонов, захваченных в мезоатомах урана, вызывают возбуждение ядер этого элемента путем прямой передачи энергии  $2p - 1s$  перехода. В случае тория отношение  $\frac{W}{W_\gamma}$  близко к отношению  $\frac{W}{W_\gamma}$  для урана /2/. С учетом данных работы /3/ можно предсказать, что в двадцати процентах мезоатомов урана и тория может происходить деление за счет этого механизма. На основе этого механизма Зарещкий рассчитал для урана и вероятность конверсии  $\mu^-$ -мезона с К-оболочки тяжелого осколка и получил величину 0,25. Отсюда следует, что в 4%  $\mu^-$ -мезоатомов урана должен происходить процесс каталитического деления.

Независимо от этого механизма деление может происходить и за счет поглощения  $\mu^-$ -мезона в ядре /4/ согласно реакции



/1/

Спектр возбуждения за счет этой реакции, рассчитанный для свинца на основе модели ферми-газа, находится в хорошем согласии с опытами по измерению множественности нейтронов, испущенных при захвате  $\mu^-$ -мезонов /5/.

Спектр возбуждения при захвате  $\mu^-$ -мезонов в ядрах урана был рассчитан нами в приложении 2.

Вероятность  $P_f(Pa)$  деления изотопа Pa при поглощении  $\mu^-$ -мезонов в ядрах урана можно предсказать на основе эмпирического соотношения Юзенги /8/:

$$\frac{P_f(Pa)}{P_f(U)} = 1,3 \left[ \frac{Z^2}{A} - 34,7 \right]$$

/2/

$P_f(U)$  - есть вероятность деления урана при той же самой энергии возбуждения.

В нашем случае  $P_f(U)$  было рассчитано на основе спектра возбуждения из приложения 2 с учетом данных по фотоделению урана при разных энергиях из работы /3/ и данных по делению под действием нейтронов из работы /7/.

Вероятность деления тория за счет поглощения  $\mu^-$ -мезона в ядре можно оценить на основе данных работы /8/ по делению Ra протонами с энергией 11 Мэв.

С целью исследования вклада этих двух механизмов в процессе деления ядер  $U^{238}$  и  $Tk^{232}$  мы использовали метод фотопластинок. Результаты опубликованы в трех статьях: /9/, /10/ и /11/. Основные выводы этих работ были доложены на конференции по физике высоких энергий в Киеве 1959 г. /доклад А.И.Алиханова/.

2. В пластинках, наполненных ураном, нами было зарегистрировано 738 случаев деления. Вероятность деления  $\mu^-$ -мезоатомом урана оказалась равной  $0,09 \pm 0,02$ . Распределения отношений пробегов осколков деления приведены на рис. 1. Для сравнения на этом же рисунке приведены аналогичные

данные, полученные в работах /12/ и /13/ в случае деления урана тепловыми нейтронами и при захвате медленных  $\pi^-$ -мезонов.

В случае деления путем прямого возбуждения ядра при переходе  $2p-1s$   $\mu^-$ -мезона, этот мезон в процессе деления захватывается одним из осколков /преимущественно тяжелым/ на K-оболочку. В конце пробега этого осколка происходит либо ядерный захват  $\mu^-$ -мезона и образуется "звезда", либо  $\mu^-e$  распад. Согласно работе /14/, 2,7% звезд сопровождаются испусканием протонов или  $\alpha$ -частиц. На основе работы /1/ в нашем случае ожидалось 15 таких "звезд" и 8 случаев  $\mu^-e$  распада. Так как мы не зарегистрировали ни одного из таких случаев, то из этого следует, что верхняя граница вклада механизма деления при прямом возбуждении ядра урана равна 10% от полного числа случаев деления. Этот вывод подтверждается: 1/ отсутствием следов электронов от распада  $\mu^-$ -мезонов, испущенных в процессе конверсии /2/ вдоль трека осколка, ожидаемое число которых равно 16; 2/ различием между распределениями отношений пробегов осколков деления урана  $\mu^-$ -мезонами и тепловыми нейтронами, которое доказывает, что деление имеет место, в основном, при энергиях значительно выше порога.

В последнее время с помощью электроники была выполнена работа /15/ по изучению деления урана, результаты которой согласуются с нашими результатами. Согласно этой работе, вклад механизма деления путем прямого возбуждения равен  $5,6 \pm 2,7\%$  от полного числа актов деления.

3. На основании данных, полученных нами с помощью фотопластинок, наполненных торием, была определена вероятность деления тория, которая оказалась равной  $2 \pm 1\%$  от числа образованных  $\mu^-$ -мезоатомов. Найденная величина вероятности деления тория интерпретируется с помощью механизма возбуждения при поглощении мезона в ядре с образованием актиния.

Вероятность деления урана  $0,09 \pm 0,02$  интерпретируется тоже на основе механизма возбуждения при поглощении мезона в ядре. Эта вероятность согласуется с вероятностью, вычисленной по формуле /2/, если предполагать, что при прямом возбуждении в  $2p-1s$  переходе испускается нейтрон, после чего имеет место захват  $\mu^-$ -мезона в ядре  $U^{238}$ .

Наличие прямого возбуждения при переходе  $2p-1s$   $\mu$ -мезона было доказано в экспериментальной работе /16/. Малая вероятность деления путем прямого возбуждения, возможно, объясняется повышением барьера при наличии  $\mu^-$ -мезона на  $K$ -оболочке /17/.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 января 1960 года.

Л и т е р а т у р а

1. V.Fitch, J.Rainwater. Phys. Rev. 92, 789 (1953).
2. Д.Ф.Зарецкий. Труды Второй Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Доклады советских ученых, т.1, стр. 462 /1959/.
3. Л.Е.Лазарева, Б.И.Гаврилов, Б.Н.Валуев, Г.И.Зацепин, Б.С.Ставинский. Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии " /заседания физ.-математических наук/ изд. АН СССР, 1955. стр. 306.
4. Z.Pontecorvo, Phys. Rev. 72, 246 (1947).
5. S.N.Kaplan, B.J.Moyer, R.V.Pyle, Phys. Rev. 112, 968 (1958).
6. J.R.Huizenga, J.E.Gindler, R.B.Duffield, Phys.Rev. 95,1009 (1954).
7. J.D.Knight, R.K.Smith, B.Warren. Phys.Rev. 112, 259 (1958).
8. R.C.Jensen, A.W.Fairhall. Phys.Rev. 109, 942 (1958).
9. А.Михул и М.Петрашку. ДАН, 124 стр. 66 /1959/.
10. М.Петрашку и А.Михул. ДАН, 126 стр. 752 /1959/.
11. Г.Е.Беловицкий, Н.Т.Кожухеев, А.К.Михул, М.Г.Петрашку, Т.А.Романова, Ф.А.Тихомиров. ЖЭТФ /в печати/ и препринт ОИЯИ Р-388.
12. В.Шамов, О.Ложкин. ЖЭТФ, 29, 286 /1955/.
13. Г.Е.Беловицкий, Т.А.Романова, Л.В.Сухов, И.М.Франк. ЖЭТФ, 28, 729 /1955/.

14. H.Morinaga, W.F.Fry. Nuovo Cimento. 10, 308 (1953).
15. J.Diaz, S.Kaplan, B.Mac Donald, R.Pyle. Phys.Rev. Lett. 3, 234 (1959).
16. М.И.Балац, А.Н.Кондратьев, Л.Г.Ландсберг, М.Е.Лебедев, У.В.Обухов и Б.М.Понтекорво - в печати.
17. Д.П.Гречухин. Сообщение на семинаре в ФИАН, дек. 1958 год.

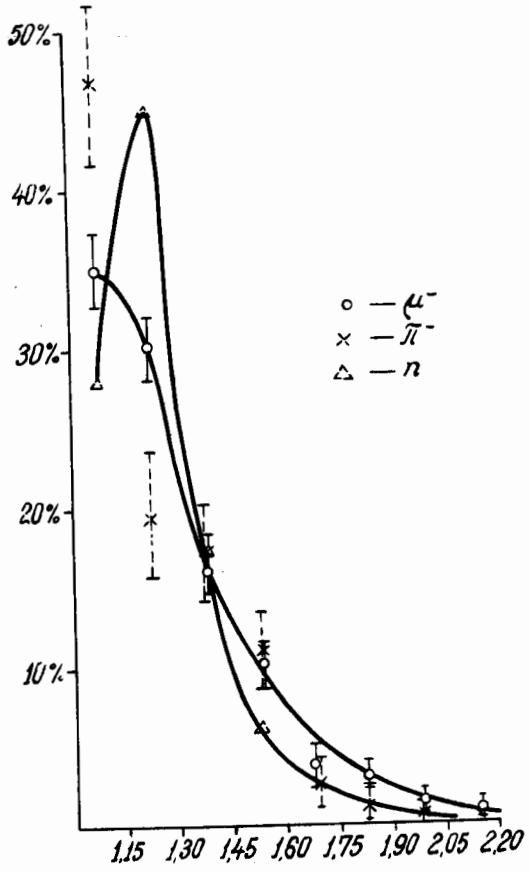


Рис. 1.