

10
M-69

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

А. К. Михул и М. Г. Петрашку

P-223

Деление U^{238} μ^- -мезонами
ДАН, 1959, т. 24, № 1, с. 66-68.

г. Дубна, 1958 год

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

А. К. Михул и М. Г. Петрашку

P - 223

Деление U^{238} μ^- -мезонами

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

г. Дубна, 1958 год

В в е д е н и е.

Возможность деления урана μ^- -мезонами была предсказана Уилером⁽¹⁾.

В принципе могут конкурировать два процесса:

а) захват μ^- -мезона на одну из оптических орбит, после чего следуют переходы в состояния $2s - 2p - 1s$, при которых выделяется энергия около 7 Мэв, превышающая порог фотоделения;

б) ядерный захват, в котором через реакцию $\mu^- + p \rightarrow n + \nu$ (2) получается энергия возбуждения ядра около 15 Мэв^(3,4).

Экспериментально была сделана попытка детектировать деление урана μ^- -мезонами из космического излучения⁽⁵⁾, которая привела к отрицательному результату. В этой же работе был установлен верхний предел вероятности деления 0,25, вытекающий из порога чувствительности аппаратуры.

Джон и Фрай⁽⁶⁾ нашли 7 случаев деления на 3573 остановок μ^- -мезонов в пластинках, пропитанных 0,052 г/см³ урана.

В настоящей работе были изучены 26.975 остановок μ^- -мезонов в пластинках, наполненных уранилом.

Метод исследования.

Были использованы 200 микронные пластинки НИКФИ-Р. Пластинки в начале пропитывались водой в течение 25 минут, потом на 40 мин. помещались в насыщенный раствор уксуснокислого уранила, затем сушились в течение часа и облучались μ^- -мезонами в течение 3-х часов. Весь интервал времени от наполнения уранилом до фиксирования был равен 6 часам.

Количество урана в пластинках было определено при помощи счета α -тресков и было найдено равным $0,055 \text{ г/см}^3$.

Пластинки были облучены в пучке $\pi^+\mu^-$ -мезонов на синхротронном Объединенного института ядерных исследований. Отрицательные Π^- -мезоны с энергией 150 Мэв были отфильтрованы с помощью медного блока толщиной 11,6 см.

Пластинки просматривались под микроскопами МБИ-3 с увеличением 300х. Акты деления U^{238} анализировались при увеличении 1350х.

Результаты.

Всего наблюдалось 26.975 остановок мезонов и были найдены 59 случаев деления. В 4 случаях след мезона кончался звездой с 4 лучами. Принимая во внимание, что Π^- -мезоны дают в 8,7% остановок звезды с 4 лучами⁽⁷⁾ и предполагая, что все эти звезды обязаны Π^- -мезонам, мы оценили, что верхний предел примеси Π^- -мезонов составляет $\frac{50}{26900} = 0,002 \pm 0,001$. Используя результаты работы⁽⁸⁾, получаем, что в нашем случае 0,5 деления из 59 обязаны Π^- -мезонам.

Вероятность P , с которой один μ^- -мезон, остановившийся в наших пластинках, вызывает деление, равна $(2,2 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$.

Во всех случаях были измерены пробеги осколков деления; точность определения пробега осколка равна $\pm 1 \mu$. На гистограмме R представлены отношения пробега двух осколков деления. На гистограмме D представлены разности длин между осколками, а на F -распределения пробегов коротких и длинных осколков для сравнения с результатами работы⁽⁹⁾. Из наших измерений средняя величина для коротких пробегов получается равной $10,5 \mu$, а для длинных $13,4 \mu$.

Анализ результатов.

Экспериментально определенная вероятность P дает возможность рассчитать вероятность деления P_f из соотношения $P_f = \frac{P}{P_c}$, делая некоторые предположения относительно вероятности захвата P_c μ^- -мезона атомом.

В расчетах принималось во внимание, что уран входит только в желатину и что μ^- -мезоны останавливаются в желатине в 40 % случаев согласно^(10,11).

Вероятность атомного захвата в уране рассчитывалась в двух случаях: 1) на основе закона Ферми-Теллера⁽¹²⁾ и 2) на основе экспериментальных результатов из⁽¹³⁾ (экстраполированных для больших Z), где найдено, что захват не зависит от Z . В первом случае получается для

$$P_c = (6,75 \pm 0,8) \cdot 10^{-2}, \text{ а во втором } (5,55 \pm 0,7) \cdot 10^{-3}.$$

Рассчитанные значения вероятности деления P_f для случаев I_1 и I_2 равны $0,08 \pm 0,01$ и $1,13 \pm 0,14$ соответственно.

Обсуждение.

Строгий анализ вероятности деления урана μ^- -мезонами невозможен, потому что отсутствуют экспериментальные данные

для атомного захвата при больших Z . Из сравнения гистрограмм D и F с гистрограммами из⁽⁹⁾, где были измерены пробеги осколков U^{235} , образующихся под действием медленных нейтронов, следовало бы, что деление U^{238} через процесс (а) осуществляется в значительном числе случаев. Предполагая, что весь процесс идет через канал (а), вероятность деления будет 20% в согласии с⁽¹⁴⁾. В процессе (б) можно оценить вероятность деления Pa^{238} , грубо экстраполируя данные по фотodelению и используя эмпирическое соотношение⁽¹⁵⁾:

$$\frac{X_z}{X_U} = 1,3 \left(\frac{Z^2}{A} - 34,7 \right), \text{ где}$$

X_z является отношением между шириной деления и сумм ширин всех процессов для ядра Z , а X_U - то же самое отношение для урана. Используя величины $X_U = 0,4$ при энергии 15 Мэв в согласии с^(16,17), получаем для вероятности деления Pa^{238} величину 0,06. Величина 0,08, рассчитанная на основе закона Z , более приемлема, чем 1,13, полученная на основе⁽¹³⁾. Для того, чтобы в последнем случае получить величины вероятности деления в пределах 0,06 - 0,20, нужно предполагать, что уран входит в формулу для оценки P_c со статистическим весом между 5 и 10.

В заключение авторы благодарят Х.Хулубея, В.П.Джелелова, А.Е.Игнатенко и В.М.Сидорова за постоянный интерес к работе и ценные дискуссии и М.Антонову и В.Василенко за помощь в просмотре пластинок.

Л и т е р а т у р а

- I. U.A. Wheeler, Rev.Mod.Phys., 21, 133 (1949)
2. B. Pontecorvo, Phys.Rev. 72, 246 (1947)
3. J. Tiomno, J.A. Wheeler, Rev.Mod.Phys. 21, 153 (1949)
4. H. Morinaga, W.F. Fry, Nuovo Cimento, 10, 308 (1953)
5. W. Galbraith, W.J. Whitehouse, Phil. Mag. 44, 77 (1953)
6. W. John, W.F. Fry, Phys.Rev. 91, 1234 (1953)
7. F.L. Adelman, S.B. Jones, Phys.Rev. 75, 1468 (1949)
8. Г.Е. Беловицкий, Т.А. Романова, Л.В. Сухов и И.М. Франк
ЖЭТФ, 28, 729, 1955; Н.А. Перфилов и Н.С. Иванова,
ЖЭТФ, 28, 733, 1955.
9. P. Demers, Phys.Rev. 70, 974 (1946)
10. О.В. Ложкин, В.П. Шапов, ЖЭТФ, 28, 739, 1955.
11. W.F. Fry, Phys.Rev. 85, 676 (1952)
12. E. Fermi, E. Teller, Phys.Rev. 72, 399 (1947)
13. J.C. Sens, R.A. Swanson, V.L. Telegdi, D.D. Yovanovitch, Nuovo
Cimento 8, 536 (1958).
14. J.E. Gindler, J.R. Huizenga, R.A. Schmitt, Phys.Rev. 104, 425 (1956)
15. J.R. Huizenga, J.E. Gindler, R.B. Duffield, Phys.Rev. 95, 1009, (1954)
16. J.S. Levinger, H.A. Bethe, Phys.Rev. 85, 577 (1952)
17. G.A. Price, D.W. Kerst, Phys.Rev. 77, 806 (1950).

