
ИЗЛУЧЕНИЕ ЗАПАЗДЫВАЮЩИХ НЕЙТРОНОВ ИЗОТОПОМ N^{17}

При делении ядер урана и плутония наряду с излучением мгновенных нейтронов уже в первых опытах была обнаружена эмиссия запаздывающих нейтронов. В соответствии с гипотезой Бора и Уиллера¹ излучение запаздывающих нейтронов связано с предшествующим β -распадом, период которого и определяет период нейтронной активности. Эмиссия нейтрона произойдёт в том случае, если энергия возбуждения ядра, образующегося в результате β -распада, окажется больше энергии связи нейтрона в ядре.

Среди осколков деления U^{235} было найдено 6 различных периодов, связанных с излучением запаздывающих нейтронов³. Удалось также химически выделить 56-секундную и 22-секундную активности и отождествить их с Bg^{87} и J^{87} , доказав справедливость гипотезы Бора и Уиллера.

В 1948 г. Лауренс с сотрудниками⁴ производили облучение различных мишеней дейтеронами с энергией 195 Мэв, на 184-дюймовом циклотроне. После облучения мишени поступали к пропорциональному борному счётчику для регистрации запаздывающих нейтронов. Запаздывающие нейтроны с периодом $4,14 \pm 0,04$ сек. обнаружены при облучении мишеней, содержащих кислород или близлежащие элементы. Было доказано, что изотоп, ответственный за эту активность, имеет $Z \leq 8$ и $A - Z = 10$. Альваренд⁵ отождествил упомянутый период с изотопом азота N^{17} .

Запаздывающие нейтроны, обнаруженные в мишенях из элементов с большим Z (Ce, Gd, Pt, Au, Hg, Tl, Pb и Bi), повидимому, появлялись из осколков деления этих ядер.

Говард⁶ исследовал энергетическое распределение запаздывающих нейтронов N^{17} . Кристалл LiF после облучения дейтеронами на том же циклотроне подавался к камере Вильсона, наполненной водородом. По

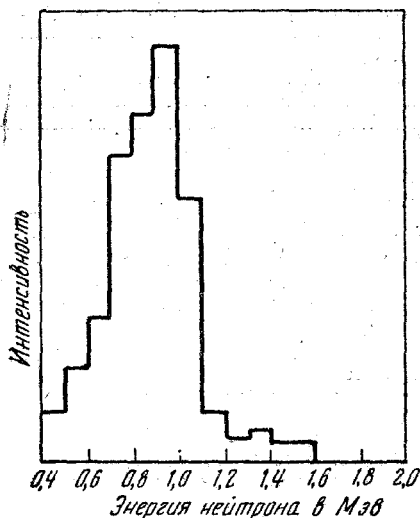


Рис. 1

трекам протонов отдачи определялась энергия нейтронов, поступающих из кристалла. Энергетическое распределение запаздывающих нейтронов, полученное в результате обработки 391 трека, приводится на рис. 1. Максимум в распределении нейтронов лежит около энергий в 1 Мэв. Ширина спектра нейтронов 0,6 Мэв. Автор указывает на два возможных объяснения размытого характера спектра нейтронов: либо имеются несколько близлежащих уровней возбуждённого ядра O^{17*} , либо уровень этого ядра широкий.

Наиболее обстоятельной работой по реферируемому вопросу является работа Альваренца⁷. Раствор NH_4F облучался дейтеронами от циклотрона Лауренса. Газообразные продукты ядерной реакции увлекались из раствора струей гелия. При этом обнаруживались запаздывающие нейтроны с периодом 4,2 сек. Ней-

тронная активность не изменялась при протягивании гелия через поглотители CO , CO_2 и O . При охлаждении гелия до температуры ниже $90^\circ K$ запаздывающие нейтроны исчезали. Совокупность этих опытов, а также результаты работы⁴ позволили заключить, что запаздывающие нейтроны связаны с β -распадом N^{17} .

В последующих опытах гелий пропускался через пропорциональный счётчик для регистрации импульсов отдачи ядра O^{16} . Так, испускаемая нейтрон с энергией 1 Мэв, ядро O^{16} приобретает энергию в 60 кэв, что с учётом коэффициента газового усиления пропорционального счётчика (50—200) можно легко детектировать. В более совершенных опы-

тах измерялись совпадения импульсов в пропорциональном счётчике с импульсами в β -счётчиках, окружающих первый (рис. 2), т. е. (β -п)-совпадения. При этом выяснилось с точностью до 10%, что всякому β -распаду N^{17} соответствует излучение нейтрона. Полученный в опытах Альваренца спектр нейтронов (рис. 3) имеет характерный максимум при энергии в 920 ± 70 кэв и полуширину в 0,6 Мэв. Область малых энергий не регистрировалась из-за фона в пропорциональном счётчике от β - и γ -излучения.

Размытый спектр нейтронов (рис. 1 и 3) частично объясняется аппаратными причинами и потому даёт только верхнюю границу истинной ширины уровня O^{17*} .

Кривая поглощения β -электронов N^{17} измерялась по уменьшению числа (β -п)-совпадений при увеличении толщины алюминия, окружающего пропорциональный счётчик (рис. 2). Таким абсорбционным способом верхняя граница β -спектра найдена равной $3,7 \pm 0,2$ Мэв. Гамма-излучения не обнаружено.

Схема распада N^{17} представлена на рис. 4. Возможен β -переход N^{17} сразу на основной уровень O^{17} , но такой переход будет запрещённым и может осуществляться примерно в 0,05 случаях.

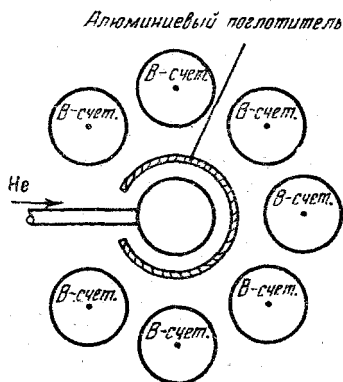


Рис. 2.

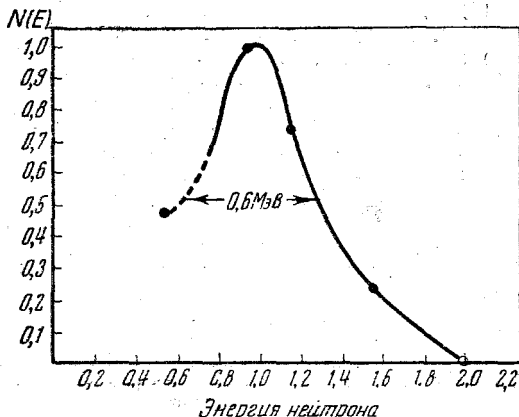


Рис. 3.

Экспериментально переходы $N^{17} \xrightarrow{\beta} O^{17}$ не наблюдались. Массы O^{16} и O^{17} хорошо известны, и из рис. 4 следует, что масса N^{17} равна 17,01385 м. е.

В описанных опытах для получения N^{17} употреблялись дейтроны с энергией 195 Мэв. Однако можно получить этот изотоп, используя пучки частиц с меньшей энергией. Так было найдено⁸, что порог

реакции $C^{14}(\alpha, p)N^{17}$ равен 16 Мэв. При энергии α -частиц в 28 Мэв сечение образования N^{17} равно 0,06 барна.

В дальнейшем изучалось образование N^{17} из кислорода⁹. Вычисленные по массам изотопов пороги реакций

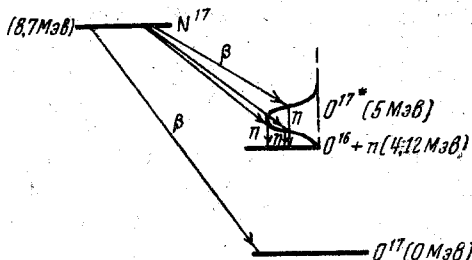


Рис. 4.

имеют следующие значения: $O^{17}(n, p)N^{17} - 7,9$ Мэв, $O^{18}(n, d)N^{17} - 13,7$ Мэв и $O^{18}(\gamma, p)N^{17} - 15,9$ Мэв. При этом следует учитывать, что в естественной смеси изотопов содержится $O^{17} - 0,039\%$, а $O^{18} - 0,204\%$. Нейтроны, применявшиеся для облучения 500 г воды, получались в результате бомбардировки толстых мишеней LiF и C дейтеронами с энергией 14 Мэв. Образование N^{17} детектировалось по запаздывающим нейтронам. В случае более энергичных нейтронов от мишени LiF наблюдалось в 15 раз больше запаздывающих нейтронов, чем от нейтронов из мишени C. Это подтвердило вычисленные пороги реакций, так как в первом случае происходила реакция на O^{17} и на O^{18} , а во втором случае только на O^{17} . Сечение реакций имеет порядок 10^{-26} см².

И. Эстулин

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. N. Bohr and J. A. Wheeler, Phys. Rev. **56**, 426 (1939).
2. D. J. Hughes, J. Dalls, A. Cahn and D. Hall, Phys. Rev. **73**, 111 (1948). N. Sugarman, J. Chem. Phys. **15**, 644 (1947).
3. A. H. Snell, J. S. Lewinger, E. P. Meiners, M. B. Sampson and R. C. Williensson, Phys. Rev. **72**, 545 (1947).
4. N. Knable, E. O. Lawrence, C. E. Leith, B. J. Moyer and R. L. Thornton, Phys. Rev. **74**, 1217 (1948).
5. L. W. Alvarenz, Phys. Rev. **74**, 1217 (1948).
6. E. Hayward, Phys. Rev. **75**, 917 (1949).
7. L. W. Alvarenz, Phys. Rev. **75**, 1127 (1949).
8. K. H. Sun, B. Jennings, W. E. Shouff, Phys. Rev. **75**, 1302 (1949).
9. K. A. Charpie K. H. Sun and B. Jennings, Phys. Rev. **76**, 1255 (1949).