

РЕФЕРАТЫ

ЯДЕРНЫЙ ФОТОЭФФЕКТ

Как уже сообщалось ранее в этом журнале¹, Чадвику и Гольдгаберу удалось показать, что при облучении тяжелого водорода γ -лучами ThC'' появляются протоны, возникающие при расщеплении дейтона γ -квантом. Вскоре после появления статьи Чадвика и Гольдгабера была опубликована работа Сицларда и Чальмерса², в которой авторы показали, что тот же самый эффект разрушения ядра γ -квантом—ядерный фотоэффект—наблюдается также при облучении бериллия γ -лучами радия. В дальнейшем этот результат был подтвержден рядом работ, выполненных в других лабораториях³. В реферируемой новой статье Чадвика и Гольдгабера⁴ вопрос о разрушении ядер γ -лучами рассмотрен более подробно. В этой работе исследовано большее число элементов; однако положительные результаты получены лишь для случая тяжелого водорода и бериллия—элементов, обладающих наименьшими дефектами масс.

Тяжелый водород

В случае тяжелого водорода ядерная реакция должна протекать по следующей формуле:



при этом, ввиду малого импульса γ -кванта и приблизительного равенства масс нейтрона и протона, освобождающаяся в реакции энергия ($h\nu - W$, где W —энергия связи нейтрона и протона в дейтоне) распределяется между обеими частицами приблизительно поровну.

Возникающие в рассматриваемом процессе протоны авторы обнаруживали следующим образом. Наполненная тяжелым водородом ионизационная камера, соединенная с линейным усилителем и осциллографом, подвергалась облучению γ -лучами ThC'' (препарат RdTh , эквивалентный по γ -лучам $9 \pm \text{Ra}$), и производилось наблюдение числа отбросов осциллографа, вызываемых ионизацией газа камеры тяжелыми частицами. Контрольные опыты показали, что увеличение числа отбросов сверх фона имеет место лишь для тяжелого водорода и полностью отсутствует для случая обычного водорода или азота. Из этих опытов следует, что дополнительные отбросы осциллографа, наблюдаемые в присутствии γ -лучей, вызываются протонами, возникающими при расщеплении дейтонов γ -квантами.

По величине отбросов осциллографа авторы смогли вычислить энергию протонов. Для нее было найдено значение 240 kV (ошибка не больше 80 kV). Зная энергию протона и нейтрона⁵, можно по энергии падающего γ -кванта (2,6 MeV) вычислить энергию связи нейтрона и протона в дейтоне. Для нее получается значение около 2,1 MeV (2,6—0,5).

Для определения вероятности рассматриваемого процесса авторы провели аналогичные опыты с источником в виде активного слоя $\text{Th} (\text{B} + \text{C})$. По числу испускаемых этим источником квантов (энергия 2,6 MeV) можно вычислить эффективное сечение для разрушения дейтона γ -квантом, если

* Они приблизительно равны.

известно число дейтонов в ионизационной камере и число наблюдаемых отбросов осциллографа. Для случая γ -излучения ThC' для эффективного сечения получалось значение $6,6 \cdot 10^{-28} \text{ см}^2$, довольно хорошо согласующееся со значением, вычисляемым из теории Бете и Пайерлса⁶ ($8 \cdot 10^{-28} \text{ см}^2$).

Возникающие в реакции (1) нейтроны могут быть обнаружены по вызываемой ими искусственной радиоактивности, если они для увеличения создаваемого ими эффекта предварительно замедляются парафином. Однако для количественного исследования более удобным является другой метод, основанный на том факте, что медленные нейтроны, попадая в ядра лития или бора, вызывают их разрушение, сопровождающееся испусканием тяжелых заряженных частиц, которые могут быть обнаружены с помощью ионизационной камеры. В этом методе обнаружения нейтронов ионизационная камера покрывается с внутренней стороны слоем лития или бора и обычным образом соединяется с линейным усилителем и осциллографом. Преимущество этого метода заключается в том, что упомянутые реакции разрушения протекают для случая медленных нейтронов с очень большой вероятностью, благодаря чему камера в этих условиях работает с большим коэффициентом полезного действия. Помещая такую камеру вместе с источником γ -лучей и тяжелой водой в парафин, авторы установили наличие большого числа нейтронов, возникающих при расщеплении дейтонов γ -квантами. Например, для источника RdIh в 8 мг и 15 см^2 тяжелой воды они наблюдали больше чем 2 тыс. отбросов в час, при фоне (в отсутствии γ -лучей) 40 отбросов в час. Этим методом авторы сравнивали величину эффекта расщепления дейтонов γ -лучами ThC' и Ra ; при этом оказалось, что рассчитанный на одну и ту же γ -интенсивность эффект в первом случае в 27 раз больше, чем во втором. Однако отсюда нельзя еще заключить, что в первом случае создается в 27 раз больше нейтронов, чем во втором. Дело в том, что нейтроны, возникающие в том и другом случае, обладают различными скоростями, а следовательно, имеют различные пробеги в парафине и неодинаковые вероятности для разрушения ядер лития или бора, и поэтому камерой учитываются они в различных отношениях.

Тем же методом авторы воспользовались для сравнения числа нейтронов, вылетающих из тяжелой воды в направлении падающих γ -лучей и под углом 90° к ним. Эти опыты показали, что во втором случае число нейтронов приблизительно в два раза больше, чем в первом; таким образом нейтроны из тяжелой воды распределяются под углом несимметрично.

Б е р и л л и й

Приблизительно такие же опыты, как в случае тяжелой воды, были произведены с бериллием. Здесь для расщепления ядра γ -квантом энергетически возможны две реакции



Следующие факты указывают на то, что процесс расщепления протекает, по всей вероятности, по формуле (2).

1. Вычисляемая из (2) разность масс ${}^9_4\text{Be}$ и ${}^8_4\text{Be}$ согласуется с данными, полученными Резерфордом, Кемптоном и Олифантом для той же величины из реакции



2. При облучении γ -лучами ионизационной камеры, покрытой с внутренней стороны слоем бериллия, не наблюдается дополнительных отбросов осциллографа. Отсутствие ионизирующих частиц в этом случае можно объяснить тем, что они имеют очень малый пробег и не могут быть обнаружены в камере. Это, очевидно, может иметь место в случае реакции (2).

3. Опыты по поглощению нейтронов, возникающих при облучении бериллия γ -лучами, показывают, что здесь не имеется медленных нейтронов.

Однако, если бы процесс разрушения протекал с образованием трех частиц (3), то такие нейтроны должны были бы существовать.

Возникающие при расщеплении бериллия нейтроны легко могут быть обнаружены с помощью камеры с литием. Сравнение величины эффекта расщепления для источников $RdTh$ и Ra одинаковой γ -интенсивности показало, что во втором случае эффект приблизительно в два раза больше, чем в первом. Однако и здесь нельзя по этой цифре сравнивать число нейтронов в том и другом случае, поскольку нейтроны имеют различную энергию.

Для установления границы ядерного фотоэффекта для Be авторы поступали следующим образом. Наполненная гелием ионизационная камера подвергалась облучению нейтронами, возникающими в Be под действием γ -лучей ThC'' (энергия 2,6 MeV). Затем по величине отбросов осциллографа определялась максимальная энергия атомов отдачи, по которой можно было вычислить максимальную энергию попадающих в камеру нейтронов. Зная ее, можно по соотношению масс нейтрона и 8Be рассчитать всю энергию, освобождаемую в реакции (2). Для нее получалось значение, равное приблизительно 1 MeV. Отсюда для границы фотоэффекта на бериллии получается $2,6 - 1 = 1,6$ MeV. Браш, Ланге и другие⁶, работая с рентгеновыми лучами, нашли, что расщепление Be с испусканием нейтрона уже имеет место для квантов с энергией, меньшей 2 MeV. С другой стороны, Арцимович и Палибин⁷ показали, что для квантов с энергией до 1,3 MeV этот эффект полностью отсутствует. Как видно, приведенное для границы значение укладывается в пределы, установленные двумя последними работами.

Величину эффективного сечения для разрушения ядра бериллия γ -квантом удалось оценить лишь косвенно, путем сравнения числа нейтронов, выбиваемых из бериллия и тяжелой воды γ -лучами ThC'' . Для $h\nu = 2,6$ MeV $\sigma_{Be} = 10^{-28}$ см².

Измерение числа нейтронов, выбиваемых из Be в направлении γ -лучей и под углом 90° к ним, показало, что в этом случае распределение нейтронов по углам приблизительно симметрично.

Попытки расщепить γ -квантами ядра других элементов привели во всех случаях к отрицательным результатам.

В заключение отметим, что изучение ядерного фотоэффекта может в значительной мере способствовать разрешению сложного вопроса о строении атомного ядра.

Л. Грошев, Москва

ЛИТЕРАТУРА.

1. Успехи физич. наук, 14, вып. 8, 953, 1934.
2. Szilard a. Chalmers, Nature, 134, 494, 1934.
3. Grosse a. Agruss, Phys. Rev., 47, 93, 1935; Ridenaur, Shionohara, Jost, Phys. Rev., 47, 318, 1935; Meitner, Naturwiss. 22, 759, 1934; Brasch, Lange, Szilard, a. others, Nature, 134, 880, 1934; Gentner, C. R. 199, 1211, 193.; 200, 311, 1935; Amaldi, D'Agostino, Fermi, Pontecorvo, Rasetti a. Segré, Proc. Roy. Soc., 149, 522, 1935.
4. Chadwick a. Goldhaber. Proc. Roy. Soc., 151, 479, 1935.
5. Bethe a. Peierls. Proc. Roy. Soc., 148, 146, 1935.
6. Brasch, Lange, Szilard a. others, Nature, 134, 880, 1934.
7. Arzimowitsch u. Palibin, Phys. Z. Sowjet. 7, 245, 1935.

СКОРОСТИ МЕДЛЕННЫХ НЕЙТРОНОВ

Как известно, предварительно прошедшие через парафин или воду нейтроны вызывают в некоторых веществах очень большую искусственную радиоактивность, а также испытывают сильное поглощение в ряде элементов. Ферми объяснил это тем, что при прохождении через содер-