

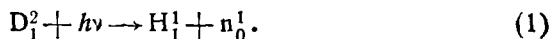
ЯДЕРНЫЙ ФОТО-ЭФФЕКТ *

(разложение дейтона γ -лучами)

Чадвик и Гольдгабер, Кэмбридж

По аналогии с возбуждением и ионизацией атомов под действием света можно предполагать, что сложное ядро также может быть возбуждено или „ионизировано“, т. е. разложено лучами соответствующей энергии. Заметить последнее значительно легче, чем возбуждение. Для того чтобы разложение ядра могло осуществиться, необходимо, чтобы энергия γ -луча превышала энергию связи сложного ядра. γ -лучи тория C" с $h\nu = 2,62 \cdot 10^6$ электрон-V и по своей энергии и по интенсивности вполне подходят для этой цели, и, применяя их, можно надеяться произвести разложение с эмиссией тяжелой частицы (такой, как, например, нейтрон, протон и т. д.) только тех ядер, которые обладают небольшим или отрицательным дефектом массы, например, D^2 , Be^2 и радиоактивных ядер, испускающих α -частицы. Эмиссию положительного или отрицательного электрона при поглощении γ -луча трудно было бы обнаружить, если только полученное в результате этого ядро не будет радиоактивным.

Для исследования прежде всего был выбран тяжелый водород, так как дефект массы дейтона незначителен, и сам он является простейшей из всех ядерных систем, а эти свойства имеют такое же значение для ядерной теории, как свойства водорода для теории атома. Разложение предполагалось по схеме:



Так как момент кванта невелик, а массы протона и нейтрона почти одинаковы, избыток энергии разложения $h\nu - W$ (где W — энергия связи этих частиц) должен распределиться почти поровну между протоном и нейтроном.

Приводим описание эксперимента. Ионизационная камера была наполнена 95%-ным тяжелым водородом, любезно предоставленным д-ром Олифантом. Камера по обычной схеме присоединялась к линейному усилителю и осциллографу. Когда тяжелый водород подвергался γ -излучению радиотория, отмечались отбросы осциллографа.

* „Nature“, 134, 237, 1934; пер. А. А. Ильиной.

Исследование показало, что эти отбросы следует приписать протонам, получающимся в результате разрыва дейтона. При употреблении радиевого источника равной интенсивности γ -излучения наблюдалось лишь ничтожное количество толчков. На основании этого факта мы заключаем, что разложение не может осуществляться в заметной степени γ -лучами с энергией, меньшей $1,8 \cdot 10^6$ электрон-V, что как раз имеет место для резкой линии в спектре радия С.

Если схема (1), предложенная нами для ядерного процесса, верна, то можно рассчитать с достаточной точностью массу нейтрона, так как массы атомов водорода и тяжелого водорода известны очень точно. Они равны соответственно 1,0078 и 2,0136. Так как дейтон может быть разложен γ -лучами с энергией $2,62 \cdot 10^6$ электрон-V (сильные γ -лучи тория С^{''}), значение массы нейтрона должно лежать между 1,0058 и 1,0086. Однако, принимая во внимание отсутствие заметного действия γ -лучей радия С с энергией $1,8 \cdot 10^6$ электрон-V, можно рассчитать, что масса нейтрона должна превышать 1,0077. Если бы удалось измерить энергию освобождающегося из ядра протона при разложении (1), то масса нейтрона определялась бы очень точно. Грубые подсчеты энергии протона производились на основании измерений величины отбросов осциллографа в вышеописанном опыте. Полученное значение оказалось равным около 250 000 V, что дает для энергии связи ядра дейтона $2,1 \cdot 10^6$ электрон-V и для массы нейтрона 1,0080. Эти расчеты энергии протона, однако, очень грубы, и в настоящее время мы можем лишь принять для массы нейтрона значение 1,0080 с пределами ошибки в $\pm 0,0005$. Предварительные вычисления массы нейтрона, основанные на измерениях энергии в известных ядерных реакциях, давали значения 1,007 и $1,010^{2,3}$. Эти вычисления опираются, однако, не только на предположения, касающиеся ядерных процессов, но также и на изменения, полученные с помощью масс-спектрографа, точность которых может достигать 0,001 единиц массы. Представляется очень важным установить достаточно точно массу нейтрона, и есть надежда осуществить это, применяя новый метод, изложенный в настоящей статье.

Опыты для наблюдения разложения дейтона будут поставлены в камере Вильсона. Они смогут подтвердить предполагаемый нами ядерный процесс и вместе с тем гипотезу о том, что дейтон состоит из протона и нейтрона. Из этих опытов также можно будет получить энергию протонов и их распределение по углам.

Если дефект массы дейтона равен примерно $2 \cdot 10^6$ электрон-V, как получается из наших экспериментов, то совершенно ясно, что дейтон не может быть разложен при захвате α -частицы полония⁴. Когда α -частица сталкивается с ядром массы M , при условии выполнения закона сохранения количества движения, только часть кинетической энергии ее, равная $\frac{M}{M+4}$, может быть использована для разложения. В случае дейтона эта часть будет составлять $\frac{1}{3}$

кинетической энергии α -частицы, что для α -частицы полония будет значительно меньше $1,8 \cdot 10^6$ электрон-V. Частицы радия C' , обладающие большей энергией, должны именно подойти для этого случая, и Дэннинг (Dunning)⁵ действительно наблюдал небольшой эффект, помещая тяжелую воду в радоновую трубочку.

Наши опыты разложения дейтона γ -лучами $2,62 \cdot 10^6$ электрон-V дали значение эффективного сечения около 10^{-28} см². Бете и Пайерльс (H. Bethe и R. Peierls) в кратком опубликованном сообщении вычислили это эффективное сечение, исходя из силы взаимодействия протона, величина которой дается теорией Гейзенберга, Майорана и Вагнера. Они получили вероятность перехода обычным квантово-механическим методом, и из их данных получается значение эффективного сечения одного порядка с наблюдаемым, лишь немного превышающее его при условии, если мы примем массу нейтрона равной 1,0080. Исходя, наоборот, из экспериментальной величины эффективного сечения, мы получим для массы нейтрона 1,0085, что уже значительно выше. Таким образом совпадение теории с опытом можно признать удовлетворительным, но не полным.

Надо упомянуть также дальнейшие шаги в этом направлении. Опыты Ли⁶ обнаружили, что парафин, бомбардируемый нейтронами, испускает жесткое γ -излучение, большее по интенсивности и по энергии кванта, чем при бомбардировке одного углерода. Объяснить это можно тем, что при соударении нейтрона и протона эти частицы могут иногда комбинироваться в виде дейтона с испусканием γ -кванта. Это явление противоположно процессам, изложенным выше. Теперь, если допустить правильность принципа микроскопической обратимости всех процессов, происходящих в термодинамическом равновесии между дейтонами, протонами, нейтронами и излучением, мы можем вычислить относительные вероятности реакции (1), без каких-либо специальных гипотез о силах взаимодействия. Используя значение эффективного сечения из реакции (1), можно рассчитать эффективное сечение для захвата нейтрона протоном в том случае, когда кинетическая энергия нейтрона составляет $2(h\nu - W) = 1,0 \cdot 10^6$ электрон-V в системе координат протона, находящегося перед столкновением. В этом случае эффективное сечение σ_c для соединения частиц в основное состояние дейтона (мы отбрасываем возможность более высоких состояний) получается гораздо меньше, чем эффективное сечение σ_γ для фотоэффекта. Кажется невероятным, что σ_c получается значительно большим для более прочных нейтронов, применявшихся в опытах Ли. Вследствие этого истолкование его наблюдений кажется в настоящее время почти невозможным, так как эффект захвата нейтронов протонами должен быть предельно мал. Удовлетворительное объяснение можно будет дать только после дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. T. Bainbridge, Phys. Rev. **44**, 57, 1933.
 2. I. Chadwick, Proc. Roy. Soc. A. **142**, 1, 1933.
 3. I. Curie a. F. Joliot, Nature **133**, 721, 1934.
 4. Rutherford a. A. E. Kompton, Proc. Roy. Soc., A. **143**, 724, 1934.
 5. Dunning, Phys. Rev. **45**, 586, 1934.
 6. Lea, Nature **133**, 24, 1934.
-