

## ОДНОВРЕМЕННОСТЬ В ЭФФЕКТЕ КОМПТОНА

Вопрос об экспериментальном доказательстве одновременности появления рассеянного  $\gamma$ -фотона и электрона отдачи в эффекте Комптона сыграл важную роль в установлении применимости законов сохранения к элементарным актам рассеяния. Как известно<sup>1</sup>, наличие этой одновременности было впервые показано Боте и Гейгером, которые установили, что два остриёвых счётчика Гейгера, из которых один, в силу своей конструкции, считал только  $\gamma$ -фотоны и не реагировал на электроны отдачи, а другой считал только последние, при эффекте Комптона срабатывают одновременно. Однако утверждение об одновременности здесь надо понимать в смысле: «одновременно в пределах разрешающей способности во времени применённой схемы». Эта разрешающая способность в опыте Боте и Гейгера составляла  $10^{-3}$  сек. Итак, точная формулировка результата опыта Боте и Гейгера состоит в том, что «разница во времени между испусканием рассеянного  $\gamma$ -фотона и появлением электрона отдачи не превосходит  $10^{-3}$  сек».

Впоследствии, в связи с опытами Шенкланда<sup>2</sup>, якобы доказавшего неприменимость законов сохранения к элементарным актам рассеяния, опыт Боте и Гейгера был повторен с улучшенной техникой, причём было показано, что одновременность имеет место в пределах  $10^{-4}$  сек., т. е. на порядок точнее первых опытов. Однако и этот промежуток времени во много раз превосходит «теоретическую одновременность», которая должна иметь место при строгой применимости законов сохранения к элементарным актам рассеяния. Допустимая несинхронность обоих процессов в идеальном случае — порядка комптоновской длины волны, делённой на скорость света, т. е.  $\frac{0,024 \cdot 10^{-8}}{3 \cdot 10^{10}} \approx 10^{-20}$  сек. Поэтому, хотя положительный ответ на основной вопрос, вызвавший эти опыты — применимость законов сохранения — в настоящее время не вызывает сомнений, повторение их со схемами, позволяющими фиксировать одновременность в пределах всё более высокой разрешающей способности, представляет интерес.

В недавно опубликованной работе<sup>3</sup>, благодаря использованию новой значительно усовершенствованной техники счёта, связанной с применением сцинтилляционных счётчиков, опыт Боте был повторен со значительно улучшенной разрешающей способностью и было показано, что одновременность в эффекте Комптона имеет место в пределах  $1,5 \cdot 10^{-8}$  сек., т. е. — с точностью, на четыре порядка превосходящей полученную раньше. Опыт был поставлен следующим образом. В качестве источника  $\gamma$ -лучей был применён препарат  $\text{Co}^{60}$ , дающий  $\gamma$ -фотоны с энергией 1,17 и 1,33 Мэв. Узкий параллельный пучок  $\gamma$ -лучей выделялся тонким каналом в двух свинцовых блоках общей длиной в 27,5 см. Этот пучок падал на органический кристалл стибьбена, который авторы называют «рассеивателем». Этот кристалл играл двойную роль. Во-первых, в нём происходило комптоновское рассеяние, а во-вторых, электроны отдачи, возникавшие при этом рассеянии, вызывали в самом кристалле вспышку люминесценции, которая фиксировалась парой в точности одинаковых умножителей. Для счёта рассеянных  $\gamma$ -фотонов применялся второй кристалл стибьбена, расположенный на некотором расстоянии от первого (в большинстве опытов — на расстоянии 7,3 см); этот второй кристалл — «детектор» можно было, кроме того, располагать под различными углами относительно первичного пучка  $\gamma$ -фотонов. Вспышки от рассеянных фотонов, возникавшие в этом кристалле, также регистрировались парой соединённых параллельно одинаковых фотоумножителей. Обе пары счётчиков

соединялись с усилительными радиотехническими схемами, существенной особенностью которых было наличие в каждой из них длинной линии (до 100 метров), благодаря чему можно было создавать, при одновременности сигналов на входах, определенное запаздывание одного сигнала относительно другого — на выходе. Усилительная схема умножителей детектора подавала, через длинную линию на выходе, напряжение на одну вертикальную пластину катодного осциллографа, а соответствующий сигнал от умножителей кристалла-рассеивателя — на противоположную пластину. Благодаря этому (разумеется при наличии соответствующей развёртки) умножители детектора и умножители рассеивателя давали на экране катодного осциллографа пики, направленные в противоположные стороны; если один был направлен вверх, то другой был направлен вниз. Расстояние между этими пиками соответствовало запаздыванию одного сигнала относительно другого. Для калибрования на начала обеих длинных линий подавались заведомо одновременные сигналы, а именно — либо просто один и тот же сигнал, либо сигналы от обеих пар счётчиков, которые, однако, в этом случае были расположены около одного кристалла-рассеивателя и, таким образом, регистрировали одно событие — вспышку от электрона отдачи. Калибрование по времени производилось с помощью кривой стандартного генератора с частотой  $10 \text{ Мгц}$  на том же экране осциллографа. Сравнение таких «синтетических» одновременных импульсов с кривой, даваемой комптоновским эффектом показало, что в 89 случаях, где оба пика кривой были обусловлены регистрацией одного элементарного комптоновского процесса, регистрация электрона отдачи и рассеянного фотона совпадают по времени в пределах  $1,5 \cdot 10^{-8}$  сек.

Э. Ш.

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Э. В. Шпольский, Атомная физика т. I, стр. 265 (1950).
2. Э. В. Шпольский, УФН 16, 458 (1936); К. С. Вульфсон, УФН 17, 33 (1937).
3. R. Hofstadter and J. A. Mc. Intyre, Phys. Rev. 78, 24 (1950).

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ЯДЕРНОМУ ФОТОЭФФЕКТУ

Работы по ядерному фотоэффекту, опубликованные до ноября 1948 г. (на русском языке см. 1, 2, 3) и позднее (реферируются здесь), привели к установлению следующих основных представлений:

а) эффективное сечение ( $\gamma, p$ )-реакции обладает максимумом (резонансом), расположенным в области энергии падающего  $\gamma$ -кванта (для  $A \cong 12$ ) около  $30 \text{ Мэв}$  и смещающимся влево с ростом атомного номера;

б) ширина максимума составляет около  $10 \text{ Мэв}$  (например,  $\text{Cu}^{63}$ );

в) падение эффективного сечения после максимума таково, что  $\gamma$ -кванты с энергией, большей  $50 \text{ Мэв}$  не оказывают заметного влияния на выход реакции;

г) до сих пор нет фактов, которые свидетельствовали бы о неприменимости этих положений к реакциям ( $\gamma, p$ ), ( $\gamma, pn$ ), ( $\gamma, pp$ ) и ( $\gamma, np$ ).

д) боровский механизм ядерных реакций в применении к  $\gamma$ -реакциям приводит к меньшему преобладанию ( $\gamma, p$ )-реакции над ( $\gamma p$ )-реакцией, чем наблюдаемое.