

ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТЕОРИИ ИЗЛУЧЕНИЯ БОРА.

Г. С. Ландсберг.

Очень скоро после опубликования новой теории излучения Бора, Крамерса и Слатера, Боте выступил с проектом эксперимента, позволявшего надеяться распознать, происходит ли комптоновский эффект согласно представлениям Дебая-Комптона, основанном на теории световых квантов, или им управляют законы новой теории Бора. В настоящее время появился подробный отчет об этом эксперименте ¹⁾.

Как известно, новое в представлении Бора состояло в допущении, что законы сохранения импульса и энергии имеют лишь статистическое значение и могут не выполняться в отдельном индивидуальном акте. В согласии с этим, толкование рассеяния рентгеновских лучей будет следующим: акт рассеяния есть результат воздействия излучения виртуальных вибраторов, связанных с данным атомом, на излучение, падающее на этот атом; таким образом рассеяние рассматривается как непрерывный процесс; но этот процесс сопровождается отбрасыванием слабо связанных (свободных) электронов, происходящим время от времени (случайно), на что требуется затрата некоторого количества движения и энергии; указанная затрата статистически восполняется тем обстоятельством, что частота и импульс рассеянного рентгеновского света оказываются несколько отличными от соответствующих элементов падающего света (эффект Комптона). Физическая причина изменения частоты лежит в эффекте Доплера, ибо виртуальные вибраторы рассеивающего атома приведены в движение ²⁾.

Идея Боте основана на том, что при указанном толковании индивидуальный акт отбрасывания электрона не связан по времени с непрерывно происходящим процессом рассеивания. Изучая это последнее, например, при помощи фотоэлектрического эффекта, мы должны наблюдать действие рассеянного света в моменты, не имеющие ничего общего с моментами появления отбрасываемых электронов. Наоборот, с точки зрения толкования Комптона и Дебая, в акте рассеивания, одновременно появляются вторичный квант излучения и электрон отброса. А следовательно, и эффект действия этого вторичного кванта должен совпадать по времени с появлением комптоновского электрона.

Опыт, разработанный и выполненный Боте совместно с Гейгером, приводился к следующему. Между двумя расположенными друг против друга на очень малом расстоянии счетными камерами Гейгера проходит сквозь атмосферу водорода

¹⁾ W. Bothe u. H. Geiger. Über das Wesen des Comptoneffekts; ein experimenteller Beitrag zur Theorie der Strahlung. Zs. für. Physik. 32, S. 639, 1925.

²⁾ Мы не касаемся некоторых затруднений, связанных с этим истолкованием. См. реферат в Усп. Физ. Наук, т. IV, вып. 4—5, стр. 333.

рентгеновский луч. Одна из камер открыта, другая прикрыта платиновой фольгой в 0,02 мм. Электроны, выбрасываемые при рассеивании водородом рентгеновских лучей, имеют малую скорость и не могут проникать сквозь фольгу; они залетают только в первую камеру, при помощи которой и могут быть определены моменты их появления (ϵ -счетчик). Во вторую же камеру могут проникать лишь рассеянные рентгеновские лучи, которые вызовут там фотоэлектрический эффект. Момент появления этих вторичных электронов будет отмечен второй камерой, которая является, таким образом, $h\nu$ -счетчиком. Конечно, не каждый попадающий в камеру электрон будет отмечен. Тем более не каждый попавший в $h\nu$ -счетчик квант вызовет регистрируемый эффект. Для прибора Боте и Гейгера, как установили предварительные опыты, ϵ -счетчик регистрирует в среднем один из 15 попадающих в него электронов, а $h\nu$ -счетчик приблизительно 1 из 6000 возникших вблизи него рассеянных квантов (вследствие разной чувствительности счетчиков действие квантов на ϵ -счетчик равно нулю). Поэтому нельзя ждать, чтобы каждое показание $h\nu$ -счетчика совпадало с показанием ϵ -счетчика. Однако, если справедлива теория Бора совпадения между моментами регистрации обоих счетчиков должны быть всегда случайны и число их должно группироваться около математического ожидания этого случайного совпадения, отступая от него по законам флуктуаций. Если же индивидуальные акты рассеяния и появления электронов отброса связаны между собою согласно представлениям Дебая—Комптона, то число этих совпадений должно значительно превосходить указанное математическое ожидание.

Показания обоих счетчиков, состоящие в отклонениях нитей двух струнных электрометров, соединенных с камерами, регистрировались фотографически на общей ленте, идущей со скоростью 10—15 метров в секунду, что позволяло получать точные отсчеты по времени. Метки времени наносились в окончательных опытах через $\frac{1}{1000}$ сек. Точность определения времени — $\frac{1}{10000}$ сек. Специальное видоизменение счетной камеры (насадка, исправляющая неоднородность поля около острия) в значительной степени избавило аппараты от очень мешающего эффекта неодинакового запаздывания регистрации. В окончательных опытах получились несомненные признаки связи обоих эффектов. Для этой группы опытов имеется:

Математическое ожидание случайного совпадения .	1,8
Наблюдаемое число совпадений	10

Та же аппаратура, примененная к регистрации двух совершенно независимых явлений (ионизация двумя независимыми радиоактивными препаратами) дала картину вполне совпадающую с предвидениями теории вероятности. Наоборот, регистрация двух заведомо связанных явлений (ионизация общим пучком β -лучей) привела к картине, подобной наблюдавшейся с явлением рассеяния. Таким образом, излагаемые опыты решительно говорят против Боровского толкования эффекта Комптона, а одновременно ставят под сомнение и всю концепцию Бора¹⁾. Конечно, они не могут считаться доказывающими применимость законов сохранения энергии и импульса к элементарному процессу, но они, несомненно, служат некоторым подтверждением правильности первоначального объяснения Дебая и Комптона, основанного на теории световых квантов.

Известным недостатком в постановке опытов следует признать то обстоятельство, что при них не выделялось излучение и электроны отброса, заключенные внутри определенного телесного угла, а излучался лишь интегральный эффект. Этот пробел

¹⁾ По частным сведениям, полученным из Копенгагена, Бор в настоящее время уже не поддерживает больше этих новых воззрений.

до известной степени восполняют опыты, о которых сообщает в краткой речи А. Комптон ¹⁾.

По квантовой теории эффекта Комптона имеет место соотношение

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}\varphi = -\frac{1}{1+\alpha} \cdot \cotg \theta, \quad (1)$$

где φ — угол, составленный первичным пучком со вторичным, а θ — с электронами отброса. Таким образом, в случае приложимости теории световых квантов, максимум совпадений между эффектами рассеянного пучка и электронов отброса должен наблюдаться, когда регистрирующие аппараты ориентированы под углами, определяемыми соотношением (1).

Наоборот, в случае правильности предположений Бора нельзя ждать никакого преимущества в направлении: совпадения распределяются случайно и равномерно во всех азимутах. Комптон упоминает о двух попытках экспериментального разрешения этих вопросов, предпринятых в его лаборатории.

Беннет применил счетные камеры, типа Гейгера, при чем одна ($h\nu$ -счетчик) оставалась неподвижной, а другая (e -счетчик) устанавливалась под разными углами. Показания счетчиков регистрировались при помощи телефонов, при чем первичный ток усиливался тритером. Опыт показал наличие максимума совпадений при ориентации под углом с точностью до 3—5%, совпадающим с вычисленным теоретически.

В опытах самого Комптона и Симона наблюдающим аппаратом была камера Вильсона. Преимущество этого приема — наличие лишь одной камеры, ибо на фотографии сразу выходит и след электрона отброса, и направление рассеянного пучка. Изучение 350 удачных стерео-фотографий показало, что наибольшее число „одновременно“ возникающих путей действительно составляют угол, предвычисленный по теории квантов. Отклонения от этих направлений не превышают пределов, указываемых теорией вероятности. Следует отметить, что подобное заключение, правда, качественное, делалось уже раньше академиком А. Ф. Иоффе на основании изучения фотографий, полученных Скобелевским при помощи γ -лучей (ЖРФХО).

Работы лаборатории Комптона еще находятся в стадии предварительной. Их принципиально слабым местом следует признать критерий „одновременности“. В опытах Беннета — это одновременное звучание телефонов, в опытах Комптона и Симона одновременность определяется длительностью процесса экспансии. Вообще, по силе убедительности и точности они не могут соперничать с работой немецких авторов, где имя Гейгера делает особенно надежным применение трудного метода счетных камер.

¹⁾ A. H. Compton. On the Mechanism of X-Ray Scattering. — Proc. Nat. Acad. of Sciences. U. S. A. 11, p. 303, 1925.