

## ОБ ОДНОМ СЛЕДСТВИИ ТЕОРИИ ДИРАКА ПРОТОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ\*

(Представлено А. Крыловым, членом АН, 30 января 1930).

Общеизвестная тесная аналогия между электронами и световыми квантами была до сих пор уязвима в одном существенном пункте. Именно число доступных наблюдению световых квантов переменного и поэтому оказалось разумным изобрести резервуар световых квантов в нулевом состоянии и допустить возможность переходов из этого состояния в реально существующие и наоборот. Однако число электронов до настоящего времени принималось постоянным при вторичном квантовании. Представляется целесообразным отказаться от этого постоянства, т. е. ввести возможность уничтожения электронов (для чего астрофизика дает некоторые основания), и в общем создать резервуар недоступных наблюдению электронов совершенно аналогично резервуару Дирака для световых квантов [1]. Так как световые кванты удовлетворяют статистике Бозе, то их резервуар может состоять только из одного состояния. Для электронов, согласно принципу Паули, необходимо ввести совокупность состояний, недоступных наблюдению. Недавно обнаруженные Дираком состояния отрицательных энергий могут служить в качестве вышеописанного резервуара для электронов [2].

Известно, что энергия переходов в ядре часто имеет порядок величины  $m_0c^2$  и даже больше (энергии выброшенных  $\alpha$ - и  $\beta$ -лучей и  $\gamma$ -излучения). Совершенно аналогично обычным атомным переходам, при которых энергия может превращаться либо в излучение, либо в энергию возбуждения или ионизации, мы должны в ядре также разграничить различные возможности. Тем более, энергия внутриядерных переходов может перевести электрон из отрицательного состояния в положительное и, таким образом, выбросить из атома. Иными словами, мы должны наряду со скачками Росселанда — Оже в поло-

---

\* Über eine Folgerung der Diracschen Theorie der Protonen und Elektronen. ДАН СССР, серия А, № 6, 153, 1930. Соавтор Д. Д. Иваненко.

жительной области учесть также скачки Оже из всего множества состояний отрицательных энергий. Минимальная необходимая энергия должна при этом превосходить  $2m_0c^2$ . При этих процессах ни в коем случае не будет нарушен закон сохранения электричества. Все явление совершенно аналогично излучению световых квантов атомом, т. е. электрон, так же как фотон (световой квант), не обладает индивидуальностью в ядре до выброса.

Теперь можно спросить, действительно ли наблюдается такое выбрасывание электронов из ядер, при котором спектр скоростей может быть не резким, так как электроны могут быть удалены из любого отрицательного состояния и эти последние образуют вообще непрерывный спектр. Единственным явлением, которое можно отождествить с описанными скачками Оже, является радиоактивный  $\beta$ -распад. Как известно, первичные  $\beta$ -спектры скоростей всегда размазаны [3] и обладают резкой границей со стороны больших скоростей. Мы бы хотели еще раз подчеркнуть, что из-за отсутствия потенциального барьера для  $\beta$ -частиц едва ли представляется возможным описать  $\beta$ -распад обычными средствами примерно по образцу  $\alpha$ -распада. При сделанных предположениях мы можем ожидать большую продолжительность жизни при  $\beta$ -частицах больших энергий, так как число уровней, соответствующих энергиям Оже, сильно возрастает с увеличением энергии перехода.

Еще одно априорное замечание. Если бы внутриядерные электроны были бы эквивалентны периферическим, то мы должны были бы учитывать и их при учете перестановок по принципу Паули. Это изменило бы всю спектроскопическую систему термов. Мы таким образом вынуждены рассматривать все ядро как наделенное очень высокой потенциальной стеной. Такой высокий барьер немислим для электронов, и эквивалентность внешних и внутренних электронов становится очень сомнительной.

Фундаментальным возражением против всей концепции является вопрос о положительной частице, по необходимости возникающей с отрицательными электронами. Если эта частица является протоном, то мы стоим перед большими трудностями, связанными с различием масс. Дирак полагает, что его теория преодолевает эти трудности посредством относительного эффекта обмена, который несимметричен в отношении электронов и протонов—дырок. Тогда, можно надеяться, будет также возможна удовлетворительная теория ядерных протонов.

С этим вопросом тесно связано исследование света, излучаемого при уничтожении материи. Если „сопряженный“ протон обладает таким же моментом и импульсом, что и электрон, но с обратным знаком,

тогда свет обязательно должен получить нулевой импульс и нулевой момент вращения, т. е. излучаются два световых кванта. Если же возможен скачок с положительного уровня в любой открытый отрицательный, тогда кажется возможным описывать процесс с помощью только одного светового кванта. Общепринято, что уничтожение материи дает только один квант; если же это не так, тогда известные высказывания Фюрта и особенно толкование Стонера [4] наблюдений космических лучей Милликена содержат ошибку.

В последнее время некоторые авторы указывали на то, что электрон в ядре теряет в некотором отношении свою индивидуальность. Крониг, Гайтлер и Герцберг [5] впервые заключили об этом из наблюдений Разетти полос  $N_2$ . Все наблюдения тонкой структуры могут быть интерпретированы в том смысле, что электрон теряет свой момент, что было недавно предложено в качестве возможного толкования Шюлером и Брюком. Дорфман любезно сообщил нам свои вычисления о парамагнетизме различных элементов, из которых явственно следует, что элементы, которые не обладают магнитным моментом, обусловленным внешними электронами, и которые при этом имеют нечетное число ядерных электронов, вообще не обнаруживают парамагнетизма\*.

Хотя два упомянутых выше автора предпочитают другое толкование, едва ли возможно не усмотреть во всех этих фактах общего основания — потери индивидуальности электрона в ядре.

Ленинград, 30 января 1930 года.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. P. A. M. Dirac, Proc. Roy. Soc. A, 114, 260, 1927.
2. P. A. M. Dirac, Proc. Roy. Soc. A, 126, 360, 1930.
3. Ellis, Wooster, Proc. Roy. Soc. A, 117, 109, 1927.
4. E. Stoner, Phil. Mag. 1929.
5. Kronig, Heitler, Herzberg, Naturwiss. 1929.

**Примечание.** Настоящая статья В. А. Амбарцумяна и Д. Д. Иваненко была написана в тот короткий промежуток времени, когда уже появилась теория дырок Дирака, но позитроны еще не были открыты. В тот период дырки ошибочно отождествлялись с протонами. Этим объясняется и название статьи. Нейтроны также не были еще известны. Статья интересна в том отношении, что здесь впервые содержится решительный отказ от присутствия в ядрах электронов, как индивидуальных частиц. Последующее открытие нейтрона позволило Иваненко сделать отсюда прямое заключение о том, что ядра состоят из протонов и нейтронов.

---

\* Мы выражаем глубокую благодарность И. Дорфману за его любезное сообщение.