

Ошибочность представлений о бета плюс распаде

Косарев А.В., д.т.н.

Аннотация

В статье проведён анализ принятого механизма позитронного бета распада. Показана его противоречивость. Предложен механизм наблюдаемого явления в основе которого лежит образование электрон - позитронной пары при взаимодействии гамма кванта с ядром. Последующий захват электрона протоном ядра приводит к образованию нейтрона и до момента аннигиляции существует свободный позитрон.

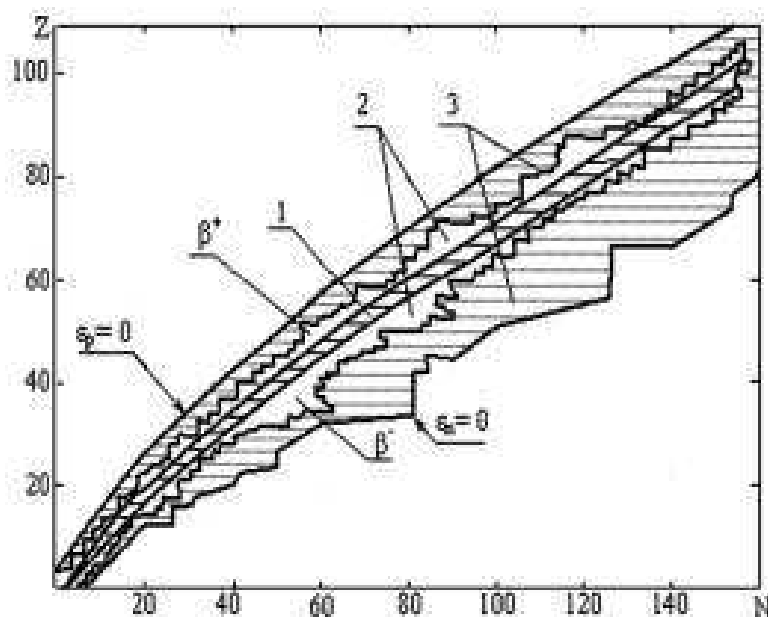
Ключевые слова: позитрон, электрон, протон, нейтрон, ядро, бета распад, аннигиляция.

Бета-распад (β -распад) – самопроизвольное превращение ядер, сопровождающееся испусканием (или поглощением) электрона и антинейтрино или позитрона и нейтрино.

В ядерной физике рассматриваются три вида бета распада.

- 1). Электронный распад (превращение нейтрона в протон): $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}^-$.
- 2). Позитронный распад (превращение протона в нейтрон): $p \rightarrow n + e^+ + \nu$.
- 3). Электронный захват: $p + e^- \rightarrow n + \nu$.

В настоящее время известно более 3000 различных изотопов. Бета-распад характерен для радиоактивных изотопов, составляющих подавляющее большинство из известных изотопов. Это видно из протонно - нейтронной диаграммы, изображённой на рисунке.



Протонно - нейтронная диаграмма. (Рисунок из [1]).

На рисунке: 1 - дорожка - стабильных ядер (265 ядер); 2 - область $\beta^{(-)}$ - активных ядер (1700 ядер); 3- область $\beta^{(+)}$ - активных ядер. Установлено, что для данного количества нуклонов в ядре изотопы, имеющие избыток нейтронов в сравнении со стабильными изотопами для данного количества нуклонов, распадаются по бета минус распаду. Изотопы, имеющие избыток протонов в сравнении со стабильными изотопами для данного количества нуклонов, распадаются по бета плюс распаду. Например, в радиоактивных рядах основным является α - распад. Это приводит к избытку нейтронов, что приводит к $\beta^{(-)}$ - распаду наряду с α - распадом.

При электронном бета-распаде заряд ядра увеличивается на 1, при позитронном – уменьшается на 1; массовое число не меняется. К бета - распаду относится также спонтанное превращение

свободного нейтрона в протон, электрон и антинейтрино. Причём, если нейтрон может переходить в протон в свободном состоянии, то обратный переход протона в нейтрон (бета плюс распад) возможен только для протонов в ядре. [1].

При позитронном бета плюс-распаде из ядра вылетают позитрон и нейтрино. Этот вид распада характерен для ядер, как отмечалось выше, содержащих избыточное число протонов; ядерный протон превращается в ядерный нейтрон, позитрон и нейтрино. Так как при испускании позитрона происходит захват электрона из электронной оболочки, обеспечивающий сохранение электронейтральности атома, позитронный распад может протекать в случае, если разность энергий в исходном и конечном состояниях превышает $1,02 \text{ МэВ}$, т.е. больше массы покоя двух электронов. Позитроны, испускаемые при бета плюс распаде, отдают свою энергию при упругих столкновениях и объединяются с электронами; при этом под углом 180° испускаются два гамма-кванта с энергией $0,51 \text{ МэВ}$ каждый, эквивалентной массе покоя обеих частиц. Появление в спектре изотопа гамма - излучения с энергией $0,51 \text{ МэВ}$ является косвенным доказательством позитронного распада у этого изотопа. Позитрон недолговечен и исчезает в процессе аннигиляции. В отличие от ядерного γ - излучения, аннигиляционное γ - излучение рождается вне ядра. [1].

Физическая природа и механизм бета плюс распада

Обратим внимание на следующее:

- 1) Протон - стабильная частица. [2, стр. 403 - 404. Таблица - В (Наиболее стабильные элементарные частицы)]; [5, стр. 602 - 603. Таблица элементарных частиц].
- 2). Позитрон и нейтрино при бета плюс распаде вылетают из ядра. Не наблюдается вылет позитрона и нейтрино из свободного протона.
- 3). Электронный захват и бета минус распад не зависимые, но взаимобратные процессы и энергетически подобные. Между бета плюс распад и электронным захватом и бета минус распадом никакой связи не наблюдается.
- 4). Распадаться могут только составные вещественные частицы (нейтрон, например). Это не распространяется на излучение гамма квантов. Гамма кванты не вещественные частицы.
- 5). “Было обнаружено, что позитроны возникают при распаде многих радиоактивных ядер. Позитроны образуются также при прохождении гамма - лучей большой энергии через вещество. Объясняется это явление тем, что в электрическом поле ядра гамма-лучи образуют электрон - позитронную пару”. [2].
- 6). Бета - распадные процессы идут всегда, когда они разрешены энергетически. Выделяющаяся при распаде энергия E , определяется соотношением:

$M_i c^2 = M_f c^2 + \Sigma M_s c^2 + E$; [6, формула (6.1)]. Где M_i , M_f , M_s - соответственно массы покоя исходного ядра, конечного ядра и вылетающих частиц.

Из (6.1) следует, что β -распад разрешён энергетически, если ${}_Z M^A > {}_{Z+1} M^A + m$, [6, формула (6.39)]. Где m - масса электрона, а ${}_Z M^A$, ${}_{Z+1} M^A$ - массы соответственно исходного и конечного ядер, лишённых своих электронных оболочек. В масс-спектроскопических измерениях определяется не масса ядер, а масса атомов. Массы M_i и M_f соответственно исходного и конечного атомов связаны с массами их ядер соотношениями :

$$M_i = {}_Z M^A + Zm, \quad M_f = {}_{Z+1} M^A + (Z + 1) m. \quad [6, формулы (6.40)].$$

Подставив формулы (6.40) из [6] в формулы (6.39) из [6] получим, что условие нестабильности ядра по отношению к $\beta^{(-)}$ - распаду принимает форму $M_i > M_f$;

Для позитронного распада соотношения, аналогичные (6.39) [6] и (6.40) [6] имеют вид:

$${}_Z M^A > {}_{Z-1} M^A + m, \quad M_i = {}_Z M^A + Zm, \quad M_f = {}_Z M^A + (Z - 1) m.$$

Условие нестабильности для позитронного распада имеет уже другую форму: $M_i > M_f + 2 m$.

Информация пункта - 6 почёрпнута из [6].

Проверим выполнение условий бета минус и бета плюс распадов.

Масса нейтрона $M_n = 939,55 \text{ Мэв}$. [2]. Масса протона $M_p = 938,256 \text{ Мэв}$. [2].

Массы электрона и позитрона $M_{e^{(-)}} = M_{e^{(+)}} = 0,511006 \text{ Мэв}$. [2].

Проверим условие нестабильности ядра по отношению к $\beta^{(-)}$ - распаду.

$M_i > M_f$. или $M_n > M_p$. Условие бета минус распада выполняется.

Проверим условие нестабильности ядра по отношению к $\beta^{(+)}$ - распаду.

$M_i > M_f + 2m$. или $M_p > M_n + 2M_e$. Условие бета плюс распада не выполняется.

Формулы (6.1), (6.39), (6.40) в [6] записаны для ядер. Я их применяю для распада нейтрона и протона. Правомерность применения формулы (6.1) не вызывает сомнений, т.к. закон сохранения энергии правомерен для любых процессов. Формулы (6.39), (6.40) для бета минус распада правомерны, т.к. наблюдается распад свободного нейтрона. Справедливость этих формул для распада протона на нейтрон, позитрон и нейтрино не столь очевидна так как распад свободного протона не наблюдается. А превращение протона в нейтрон в ядре просто объясняется электронным захватом.

7). В кулоновском поле ядра происходит образование электрон позитронной пары из фотона. Для осуществления такой реакции энергия фотона должна быть не меньше $1,02 \text{ Мэв}$. Вероятность рождения пары пропорциональна квадрату заряда ядра (или атомного номера, Z^2); она быстро растёт с увеличением энергии гамма - кванта (E_γ) и достигает при очень больших E_γ некоторого предельного значения. [7].

Позитронный распад наблюдается при избытке протонов в ядре в сравнении со стабильными изотопами данного числа нуклонов. В этом случае вероятность электронного захвата протонами ядра электрона из образовавшейся электрон - позитронной пары возрастает.

Исходя из совокупности изложенных выше экспериментальных физических данных приходим к выводу, что представление о бета плюс распаде является ошибочным. Бета плюс распад не относится к распадным явлениям. Видимо и электронный захват, являющийся процессом обратным бета минус распаду не правомерно относить к распадным явлениям. Здесь, напротив, имеет место слияние вещественных частиц.

Предлагается следующий механизм бета плюс распада.

Будем исходить из того, что процесс бета плюс распада - процесс внутриядерный. В определённых изомерных состояниях ядер $\beta^{(-)}$ - распад и особенно α - распад сопровождаются жёстким γ - излучением. В электрическом поле ядра гамма-лучи образуют электрон - позитронную пару. Имеется определённая вероятность захвата образовавшегося электрона одним из протонов ядра, в результате чего образуется нейтрон, остающийся в ядре и нейтрино, вылетающее из ядра. Электрический заряд ядра уменьшается на единицу. Из ядра вылетает также позитрон, ранее образовавшейся пары, и при взаимодействии с электроном аннигилирует. Никакого распада стабильного протона не происходит.

Заключение

Предлагаемый механизм бета плюс распада отвечает всей совокупности экспериментальных наблюдений и не требует не наблюдаемого распада стабильного протона.

Литература

1. Бекман И.Н. Радиоактивность и радиация. Радиохимия. Том-1. – МО, Щёлково: Издатель Мархотин П.Ю. 2011г. - 398с.
2. Вихман Э. Берклиевский курс физики. Том 4. Квантовая физика. – М.: “Наука”, 1977, 416с.
3. Косарев А.В. Особенности излучения ядер при изомерном возбуждении. // Сайт: ХТЯ и ШМ, <http://lenr.seplm.ru>. Дата публ. 6.08.2022г.
4. Косарев А.В. Об отсутствии гамма излучения в реакторах с наводороженными поверхностями. Доклад на РКХТЯ и ШМ-27. // Сайт: ХТЯ и ШМ, <http://lenr.seplm.ru>. Дата публ. 4.10.2022г.
5. Нелипа Н.Ф. Физика элементарных частиц. – М.: “Высшая школа”, 1977г. – 608с.
6. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. – М.: “Наука”, 1972г. - 672с.
7. Физика микромира. М-я энциклопедия. [Гл. ред. Д.В. Широков]. - М.: “Советская энциклопедия”, 1980г. - 528с.