

Природа экспериментально наблюдаемого ускорения бета распада

Косарев А.В., д.т.н.

Аннотация

Статья посвящена экспериментально наблюдаемым эффектам изменения скорости бета и альфа распадов. Рассмотрена природа и предложен механизм проявления эффектов, которые связываются с изменением изомерного состояния ядра при внешнем воздействии.

Ключевые слова: ядро, бета распад, альфа распад, нейтрино, изомеры, космос, фоновое излучение.

Вводная часть.

Явление радиоактивности состоит в самопроизвольном распаде ядер с испусканием одной или нескольких частиц. Основным закон радиоактивного распада показывает, что количество распадающихся ядер со временем уменьшается по экспоненте с постоянной распада λ . При этом существенным свойством явления радиоактивности является независимость постоянной распада λ от времени. Через постоянную распада λ выражается другая величина, характеризующая интенсивность процесса радиоактивности - период полураспада. Каждому радиоактивному состоянию различных веществ соответствуют свои постоянная распада и соответственно период полураспада. Самопроизвольный распад является экзотермическим процессом. [15]. Однако с конца прошлого века появилось много экспериментальных и теоретических работ, ставящих под сомнение эти выводы ядерной физики 20-го века.

В качестве примеров автором рассмотрены работы [1, 4 - 7, 10 - 14].

Авторы [4] в числе первых, ещё в 1984 году, рассматривали изменения характеристик спонтанного излучения. При этом они оперировали квантовыми электромагнитными системами и опирались на устоявшиеся к тому времени знания. Авторы пришли к выводу, что "... существуют потенциальные механизмы существенного управления временными, частотными и пространственными характеристиками спонтанного излучения ..." и предложили эксперимент проверки своих выводов.

В [13] автор пишет: "До недавнего времени строго экспоненциальный характер изменения скорости распадов радиоактивных нуклидов считался несомненным. Но в последнее время опубликовано много статей с результатами измерений радиоактивности, которые дают основание для сомнений в неизбежности этого свойства радиоактивности". Критически оценивая различные (и достаточно многочисленные) объяснения данного эффекта, Пархомов А.Г. связывает эффект со слабым взаимодействием. После анализа многочисленных работ по теме автор [13] заключает: "Это указывает на существование нетривиального агента, одинаково влияющего на активность различных бета радионуклидов. Приходящий из Космоса поток нейтрино является наиболее подходящим кандидатом на роль такого агента". Так же в своих работах Пархомов А.Г. отмечает: "И неизвестны эксперименты, в которых при достаточной точности и продолжительности опытов колебания *бета*-радиоактивности не проявлялись бы. Поэтому есть все основания для того, чтобы признать, что меняется именно скорость бета-распадов".

Отметим информационно насыщенный доклад Панчелюги В.А. на вебинаре Климова - Зателепина 10.03.2021 года. [10]. По теме нашей статьи интерес представляет экспериментально зарегистрированное влияние на скорость α -распада электромагнитного излучения от П-генератора. Большая же часть доклада касалась загадочного влияния вращения массивных тел на α -распад. Но здесь α -распад выступал скорее в качестве детектора неизвестного явления. То же видимо относится и к экспериментам Каравайкина А.В. с использованием явлений распада. [5].

В [6] отмечается особая важность исследований, направленных на поиск способов воздействия на ядерную радиоактивность, обладающих широкими прикладными перспективами. Изучена возможность ускорения естественных бета минус распадов путем воздействия на них жёстким электромагнитным излучением. Проводится расчет вероятности и сечения процесса

эндотермического бета распада ядра, стимулированного жестким электромагнитным излучением. В расчётах в качестве источника жесткого электромагнитного излучения взята действующая установка SPring-8 (Япония). Наличие у неё в спектре фотонов, энергия которых превышает величину энергетического порога для эндотермического распада ряда ядер (обычно это 50 кэВ и более), большая мощность источника позволяют поставить вопрос о воздействии электромагнитного излучения на ядерный бета-распад. Теоретически получено, что заметное увеличение скорости бета распада наблюдается лишь для переходов третьего порядка запрета в ядре (в пределах 5%, что выходит за ошибки эксперимента) и четвертого порядка запрета в ядре (увеличивается почти на три порядка).

1. Изомерные состояния ядер

Цель работы увязать изменение скоростей ядерных распадов с изомерными переходами.

Изучение и развитие ядерной физики началось с открытия радиоактивности (Беккерель, 1896г.). На рубеже веков были открыты два типа распадов - α и β распады, часто сопровождавшиеся γ - излучением. Состояние изомерного возбуждения было открыто Курчатовым И.В. с сотрудниками в 1935 году. В 1938 году открыто конверсионное излучение ядерных изомеров (Русинов, Понтекорво), обнаружено испускание электронов внутренней конверсии веществами, **захватывающими нейтроны** (Гофман, Бэчер). [2].

Ядра (нуклиды) в зависимости от энергии находятся в стабильном или возбуждённом состоянии. В стабильном состоянии ядро обладает минимальной энергией, длительно находится в этом состоянии и не подвергается радиоактивному распаду. Ядро в возбуждённом состоянии имеет энергии превышающие энергию основного состояния. В этом состоянии ядро не стабильно и через определённое время подвергается радиоактивному распаду с испусканием одной или нескольких частиц. Возбуждённое состояние ядра может достигаться различными способами.

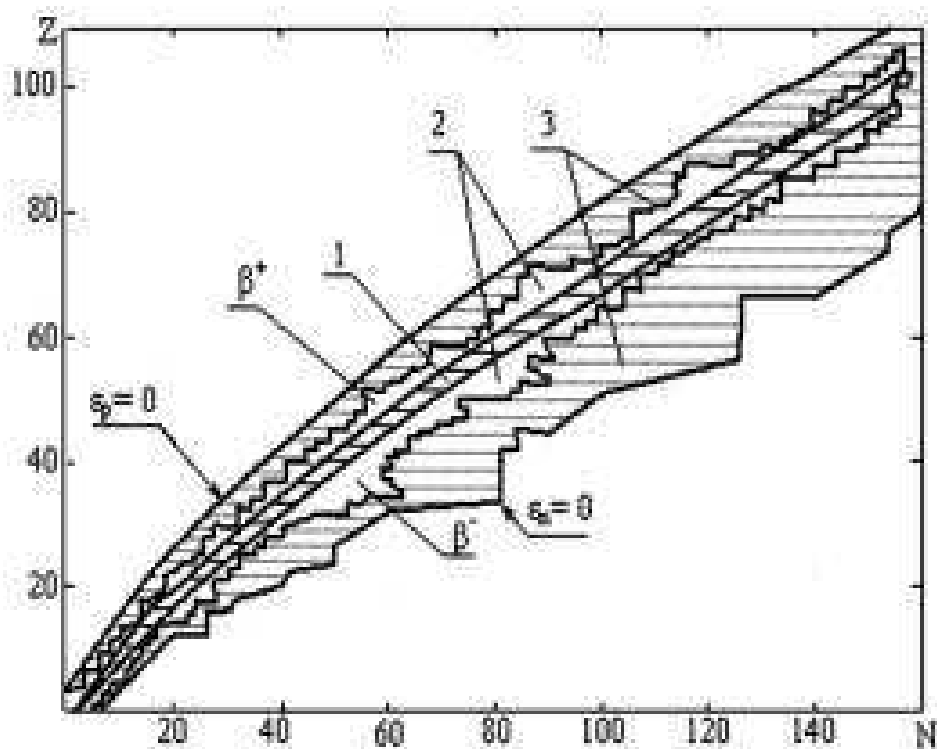
“Нуклид - разновидность атома, характеризующаяся числом протонов и нейтронов, а в некоторых случаях энергетическим состоянием ядра. Нуклиды могут быть стабильными или нестабильными, т.е. радиоактивными”. [2].

Нуклид - это каждый отдельный вид атомов какого-либо химического элемента с ядром, состоящим из строго определённого числа протонов и нейтронов, причём ядро находится в определённом энергетическом состоянии (основном состоянии или одном из изомерных состояний). [Википедия].

Известны различные каналы радиоактивного распада, переводящие ядро через определённое время из возбуждённого состояния в стабильное. Чаще всего радиоактивный распад происходит с излучением гамма кванта через несколько пикосекунд (10^{-12} сек). Но “У многих ядер имеются возбуждённые состояния с относительно большим временем жизни - изомерные состояния. ... Периоды полураспада изомерных состояний изменяются в весьма широких пределах - от 10^{-6} сек до многих лет”. [16]. “Изомер - нуклид в возбужденном ядерном состоянии, с измеримой продолжительностью жизни ($>10^{-9}$ с)”. [2].

Большое время жизни изомерных состояний объясняется затруднённостью переходов из изомерного состояния в основное либо из-за большой разницы спинов, либо из-за существенного различия в форме основного и изомерного состояний ядра. Если при этом различие в энергии двух состояний невелико, то вероятность испускания γ - кванта мала. В данной ситуации переход из возбуждённого состояния в стабильное происходит или ко каналу бета - распада или ко каналу внутренней конверсии. Оба канала к настоящему времени хорошо изучены. Канал бета - распада происходит по формуле: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu} + 0,78$ Мэв. При этом спектр излучаемых при бета - распаде электронов непрерывный. В результате бета - распада возникает новый элемент с большим порядковым номером на единицу. Распад по каналу внутренней конверсии происходит в два этапа. На первом этапе, испускаемый изомерным ядром γ - квант захватывается одним из электронов оболочки атома. На втором этапе этот электрон отрывается от атома и на его месте образуется вакансия (дырка). Так как γ - квант может захватываться электронами из различных оболочек, то спектр излучения конверсионных электронов линейчатый. На место образовавшейся в электронной оболочке дырки перескакивают электроны с более высоких уровней. Этот процесс

сопровождается мягким рентгеновским излучением. При распаде по каналу внутренней конверсии нового элемента не образуется. Если изомерное возбуждение, приведшее к процессам внутренней конверсии, произошло при захвате медленного нейтрона, то в результате возникает новый изотоп данного элемента. [2, 15].



Протонно - нейтронная диаграмма. (Рисунок из [2]).

Рассмотрим рисунок, на котором изображена протонно - нейтронная диаграмма. На рисунке: 1 - дорожка β⁻ - стабильных ядер (265 ядер); 2 - область β⁻ - активных ядер (1700 ядер); 3- область β⁺ - активных ядер.

“Из 2500 нуклидов, известных в настоящее время, стабильными являются только 271. Остальные нуклиды нестабильны; они превращаются путём одного или нескольких последовательных распадов, сопровождающихся испусканием частиц или гамма - квантов, в стабильные нуклиды. Радиоактивный распад может происходить, если данное превращение энергетически выгодно, т.е. если разность между массой исходного ядра и суммарной массой продуктов распада положительна”. [2]. Как видно из последнего абзаца большинство нуклидов это радиоактивные нуклиды, значительное число которых находится в изомерном, метастабильном состоянии. Это данные на начало века. На сегодня Википедия приводит более уточнённые (наука не стоит на месте) данные. “На март 2017 года известно 3437 изотопов всех элементов, из них 254 стабильных”.

При этом каждому изомерному состоянию соответствует своя постоянная распада λ и свой период полураспада. Следовательно своя скорость распада.

Радиоактивный α - распад в естественных условиях протекает в основном в радиоактивных рядах (в 4-х радиоактивных семействах). Если бета распад протекает на всех ядрах, то α - распад свойственен в основном тяжёлым ядрам. Процессы α - распада тоже протекают за счёт внутренних энергетических ресурсов ядра и являются экзотермическими.

По мере возбуждения из стабильного состояния с увеличением энергии возбуждения или изменении нейтронного состава, ядро переходит во всё новые изомерные состояния. Но при этом периоды полураспада (скорость распада) не имеют устойчивой тенденции. Здесь всё определяется множеством характеристик состояния ядра: спин, квадрупольный момент, количество протонов и нейтронов и чётность или нечётность их количества и др. Для бета - распада, например,

существуют запрещенные переходы. Они подразделяются по порядку запрета, который определяется суммарным орбитальным моментом J , уносимым электроном и нейтрино. Если $J = 1$, то это запрещенный переход первого порядка, $J = 2$ - второго порядка и т.д. Вероятность бета-переходов сильно падает при увеличении порядка запрета.

Скорость распада при переходе ядра из одного изомерного состояния в другое может как возрастать так и уменьшаться в зависимости от периода полураспада нового состояния.

2. Физическая природа и механизм изменения скорости бета распада

Для нас очень важно высказывание Пархомова А.Г. о том, что "Не может быть успеха в поиске вариаций в распадах, не связанных со слабым взаимодействием: в изомерных переходах с излучением гамма квантов ..., а также в альфа распадах ..., если они не являются членами цепочки, включающей бета активные нуклиды". [13]. Правда Александр Георгиевич этим подводит читателя к участию в эффектах изменения скорости распадов нейтрино. Для нас же важно наличие изомерных переходов.

Пархомов А.Г. в своих исследовательских работах отмечает, что кроме достаточно слабых периодических изменений скорости распада, наблюдаются кратковременные мощные спорадические всплески скорости распада.

Ритмичность изменения скорости распада [13] связана с ритмичностью воздействия на ядро, переводящее ядро в новое изомерное состояние. До начала воздействия ядро распадается в соответствии с известным экспоненциальным законом свойственным данному изомерному состоянию. С началом воздействия на радиоактивное вещество часть ядер переходит в другое изомерное состояние с иной скоростью распада (с другой экспонентой). Приборы регистрируют средневзвешенное число распадов этих двух изомерных состояний. При снятии внешнего воздействия, немногочисленные новые изомеры высвечиваются и распад приходит в начальное состояние. Затем всё периодически повторяется при периодическом воздействии на ядро.

Слабые изменения скорости бета распада, без искусственного лабораторного воздействия на радиоактивное вещество, вызваны различными видами фонового излучения космоса. Это и фотонные излучения от жёсткого рентгена до гамма излучения и потоки различных вещественных частиц. Необходимо чтобы при взаимодействии с ядрами радиоактивного вещества у них было достаточно энергии для перевода радиоактивного ядра в новое изомерное состояние. Различные периодические циклы, такие как вращение Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца, вращение Луны вокруг Земли и др., вызывают периодическую экранировку фонового излучения. Существуют и другие циклы возможного воздействия на ядра радиоактивного вещества, например, циклы солнечной активности. Периодичность всех этих воздействий и приводит к периодичности новых изомерных возбуждений радиоактивного вещества и как следствие к периодичности изменения скорости распада.

Спорадический всплеск изменения скорости бета распада вызван одноразовым (возможно и очень сильным) воздействием на ядра радиоактивного вещества. Например, известно такое явление как ливни заряженных частиц, вызванные космическими частицами высокой энергии при вхождении в атмосферу. Поток различных заряженных частиц, попадая на радиоактивное вещество, вызывает определённое число новых изомерных состояний со своими периодами полураспада. При этом приборы будут регистрировать усреднённое изменение скорости бета распада. По прошествии ливня радиоактивное вещество излучает в том числе и вновь возникшие изомеры. Через определённое время, при излучении новых изомерных состояний, скорость распада возвращается в исходное состояние.

Заключение

Самопроизвольный ядерный распад - это экзотермический процесс. Стимулированный распад является эндотермическим процессом, т.к. требует предварительной накачки энергии в ядро. Изменение скорости радиоактивного распада связано с переходом ядра в новое изомерное состояние с другим периодом полураспада, вызванное стимулирующим внешним воздействием.

Литература

1. Бауров Ю.А., Соболев Ю.Г., Рябов Ю.В., Кушнирук В.Ф. Экспериментальные исследования изменений в скорости β -распада радиоактивных элементов. // Ядерная физика, 2007, Т. 70, №11, С. 1875-1885.
2. Бекман И.Н. Радиоактивность и радиация. Радиохимия. Том-1. – МО, Щёлково: Издатель Мархотин П.Ю. 2011г. - 398с.
3. Бекман И.Н. Ядерная физика. Курс лекций. МГУ. Москва, 2010г.
Режим доступа: <http://profbeckman.narod.ru/YadFiz.htm>
4. Высоцкий В.И., Воронцов В.И., Кузьмин Р.Н. Об изменении характеристик спонтанного излучения при перестройке электромагнитного вакуума. Письма в ЖТФ, т.10, №5, 1984, с.300-303.
5. Каравайкин А.В. Закономерности статистического анализа данных регистрирования интенсивности процесса радиоактивного распада, подверженного внешнему воздействию неэлектромагнитной природы. Вебинар Климова-Зателепина. Запись 14.12.2022 г.
6. Карелин К.Н. Стимулирование бета-распада атомных ядер высокоэнергетическим электромагнитным излучением. Автореферат диссертации на соискание учёной степени к. ф-м. н. Воронежский гос. ун-т, 2004 г.
7. Колтовой Н.А. Способ изменения скорости радиоактивного распада изотопов. // Труды конгресса - 2020 «Фундаментальные проблемы естествознания». Санкт-Петербург. Издатель Пестерев Е.В.
8. Косарев А.В. Особенности излучения ядер при изомерном возбуждении. // Сайт: ХТЯ и ШМ, <http://lenr.seplm.ru>. Дата публ. 6.08.2022г.
9. 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.
10. Панчелюга В.А. Вращение и радиоактивный распад. Эффекты и последствия в флуктуационных процессах. Вебинар Климова-Зателепина. Запись 10.03.2021 г.
Режим доступа: <https://www.ikar.udm.ru/sb/sb76-1.htm>
11. Панчелюга В.А. О внешних воздействиях на скорость радиоактивного распада. // Научный журнал «Метафизика», №4(38), 2020г. С. 10 - 34. Издательско-полиграфический комплекс РУДН.
12. Панчелюга В.А. Рецензия на статью А.Г. Пархомова "Ритмические и спорадические изменения скорости бета распадов. Возможные причины". // Журнал Формирующихся Направлений Науки. Номер 21-22(6), стр. 99-106, 2018г.
13. Пархомов А.Г. Ритмические и спорадические изменения скорости бета распадов. Возможные причины. // Журнал Формирующихся Направлений Науки. Номер 21-22(6), стр. 86-96, 2018г.
14. Пархомов А.Г. Периодические изменения скорости бета распадов. Институт исследований природы времени. МГУ, Москва. Режим доступа: <http://www.chronos.msu.ru>
15. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. – М.: “Наука”, 1972г. - 672с.
16. Физика микромира. М-я энциклопедия. [Гл. ред. Д.В. Ширков]. - М.: “Советская энциклопедия”, 1980г. - 528с.