

УДК 539.16

## ЭРА «НОВОЙ ФИЗИКИ»

Цыганкова С.Д.

Научный руководитель – Жиров Г.И., ст. преподаватель

В 2016 году физическая общественность отмечает 120-летие со дня открытия радиоактивности Беккерелем. Это открытие привело к созданию «новой» ядерной физики, которая стала фундаментальной основой для практического использования ядерной энергии. Знание законов радиоактивного распада позволило создать ядерное оружие, атомные реакторы, установки термоядерного синтеза и др.

Открытие альфа-, бета- и гамма-излучения привело к обнаружению четырёх типов распада: альфа-распад, бета-распад (в трёх видах  $\beta^-$  и  $\beta^+$ -распадов, электронного захвата), изомерного перехода (гамма-распад) и спонтанного деления.

В конце 20-го века начался активный синтез «экзотических ядер», были открыты новые «экзотические» типы распада. Но что же собой представляют эти так называемые «экзотические» ядра? Какими свойствами они обладают? Какова цель изучения ядерной материи? В чём заключается сущность «экзотических» типов распада и чем они характеризуются?

Согласно [1] экзотическими называют ядра, которые находятся в экстремальном состоянии, имеют большой угловой момент (иными словами «бешено» вращающиеся ядра), высокую энергию возбуждения («горячие» ядра), сильнодеформированные ядра, нейтроноизбыточные и протоноизбыточные ядра, сверхтяжёлые ядра с числом протонов  $Z > 110$ . Для образования экзотических ядер используются различные типы ядерных реакций в широком диапазоне энергий налетающих частиц. Изучение свойств ядерной материи в экстремальных состояниях дает нам информацию о свойствах микромира, позволяет моделировать процессы, происходящие во Вселенной.

Как уже упоминалось ранее, в последние два десятилетия были открыты новые типы распада искусственных изотопов, которые из-за их редкости называют «экзотическими». Было обнаружено, что в тех случаях, когда энергия  $\beta$ -распада ( $Q_\beta$ ) превышает энергию связи нейтрона ( $B_n$ ), протона ( $B_p$ ) или  $\alpha$ -частицы ( $B_\alpha$ ) в дочернем ядре (продукте распада) возникает возможность сложного радиоактивного превращения: ядро – продукт  $\beta$ -распада, который образуется в возбуждённом состоянии ( $E^* > B_n$ ,  $B_p$  или  $B_\alpha$ ) и далее немедленно выбрасывает «запаздывающий» нейтрон, протон или  $\alpha$ -частицу.

Согласно [2], начиная с 50-х годов, физики постепенно приближались к открытию протонной радиоактивности ядер (т.е. самопроизвольному распаду нейтронодефицитных ядер с испусканием протона, который путём туннельного эффекта проникал сквозь кулоновский электростатический барьер). Чтобы ядро, находящееся в основном состоянии могло самопроизвольно испускать протон, необходимо, чтобы энергия отделения протона от ядра была положительной. К сожалению таких ядер в земных условиях не существует, поэтому их необходимо было создать искусственно.

Испускание протонов из основного состояния ядра было обнаружено для многих ядер, расположенных вблизи границы протонной стабильности ( $B_p=0$ ). Излучателями протонов из основного состояния являются ядра  $^{151}\text{Lu}$  ( $T_{1/2}=85$  мс),  $^{113}\text{Cs}$  ( $T_{1/2}=958$  мс),  $^{147}\text{Tm}$  ( $T_{1/2}=1050$  мс) и др.

Для экспериментального наблюдения протонного распада было исследовано большое число изотопов. С этой целью различные стабильные изотопы от эрбия ( $Z=68$ ) до висмута ( $Z=83$ ) облучались ускоренными ионами  $^{58}\text{Ni}$  и  $^{90}\text{Mo}$ . В реакции, идущей с образованием составного ядра  $^{154}\text{Hf}$  в энергетическом спектре вылетающих частиц, была обнаружена монохроматическая линия с энергией 1.19 МэВ. Анализ результатов эксперимента показал, что наблюдаемую линию следует приписать распаду изотопа  $^{151}\text{Lu}$  с испусканием протона из основного состояния ядра.

Сегодня известно свыше 30 изотопов, испускающих протоны из основного состояния ядер с  $Z>50$  от  $^{105}\text{Sb}$  до  $^{177}\text{Tl}$ .

Изучение каналов распада ядер вблизи границы протонной стабильности обнаруживает ряд интересных закономерностей:

1. Выявлены случаи, когда оба легчайших изотопа данного элемента являются излучателями протонов ( $^{150,151}\text{Lu}$ ,  $^{146,147}\text{Tm}$ ).

2. Выявлен случай, когда легчайший изотоп  $^{108}\text{I}$  является  $\alpha$ -излучателем, в то время как более тяжелый изотоп  $^{109}\text{I}$  испускает протоны из основного состояния.

Уменьшение энергии отделения протона при продвижении в область протонноизбыточных изотопов делает возможным радиоактивные распады с испусканием запаздывающих протонов. Исходное ядро в результате  $\beta^+$ -распада или  $e$ -захвата превращается в ядро ( $Z-1, N+1$ ). Если энергия возбуждения  $E^*$  ядра ( $Z-1, N+1$ ) больше энергии отделения протона  $B_p$ , то открыт канал распада возбужденного состояния ядра ( $Z-1, N+1$ ) с испусканием протона. В настоящее время известно свыше 70  $\beta^+$ -радиоактивных ядер, излучателей запаздывающих протонов.

В 1960 Гольданский В.И. теоретически предсказал двупротонную радиоактивность: выбрасывание ядром двух протонов со спаренными спинами. Впервые она наблюдалась в 1970. Сейчас известен двупротонный

распад возбужденного состояния ядра  $^{14}\text{O}$  (7.77 МэВ), образовавшегося в реакции  $^{13}\text{N}(p,\gamma)$ .

Испускание же нейтрона может происходить в цепочке распада, когда энергия возбуждения дочернего ядра превышает энергию связи нейтрона. При этом массовое число уменьшается на единицу. В настоящее время известно свыше 150 ядер излучателей запаздывающих нейтронов. Вероятность испускания запаздывающих нейтронов  $P_n$  зависит от степени заселения в ядре  $(Z+1, N-1)$  состояний выше нейтронного порога  $B_n$  и конкуренции между распадами этих состояний с испусканием нейтронов и  $\gamma$ -квантов. Очень редко наблюдается и двунейтронная радиоактивность.

Стоит отметить, что и двунейтронная радиоактивность – не предел: у ядер, сильно обогащенных нейтронами, таких, как  $^{11}\text{Li}$ ,  $^{17}\text{B}$ , наблюдается распад с вылетом 2, 3 и даже 4-х нейтронов! Испускание одного, двух и трех запаздывающих нейтронов наблюдалось при  $\beta$ -распаде ядра  $^{11}\text{Li}$ .

Испускание запаздывающих  $\alpha$ -частиц наблюдается среди природных радиоактивных изотопов  $^{212}\text{Po}^*$  и  $^{214}\text{Po}^*$ . Поскольку у этих изотопов не только возбужденное, но и основное состояние ядер оказывается  $\alpha$ -активным, то  $\alpha$ -распад здесь всегда следует за  $\beta$ -распадом и образование возбужденных продуктов  $\beta$ -распада проявляется лишь в том, что у  $\alpha$ -частиц тогда оказывается большая энергия, а стало быть, и большой пробег. Поэтому такие запаздывающие  $\alpha$ -частицы получили название длиннопробежных. Наиболее яркие примеры испускания длиннопробежных  $\alpha$ -частиц, запаздывание которых целиком определяется длительностью предшествующего  $\beta$ -распада, наблюдаются для лёгких ядер, например,  $^8\text{Li}$ ,  $^8\text{B}$ ,  $^{20}\text{Na}$ ,  $^{24}\text{Al}$ , в которых высота электростатического кулоновского барьера невелика.

В 1984 была открыта кластерная радиоактивность (от англ. cluster - гроздь, рой), которая характеризуется самопроизвольным испусканием ядрами ядерных фрагментов (кластеров) тяжелее, чем  $\alpha$ -частица.

В настоящее время экспериментально обнаружено 25 ядер от  $^{114}\text{Ba}$  до  $^{241}\text{Am}$  (почти все они — тяжёлые), испускающих из основных состояний кластеры типа  $^{14}\text{C}$ ,  $^{20}\text{O}$ ,  $^{24}\text{Ne}$ ,  $^{26}\text{Ne}$ ,  $^{28}\text{Mg}$ ,  $^{30}\text{Mg}$ ,  $^{32}\text{Si}$  и  $^{34}\text{Si}$ . При этом энергии относительного движения вылетающего кластера и дочернего ядра меняются от 28 до 94.

В настоящее время продолжают исследования различных видов радиоактивности атомных ядер. Особый интерес проявляется к изучению протонного распада ядер, поскольку в этом случае удастся получить уникальную информацию о структуре ядер, лежащих за пределами границ нуклонной устойчивости ядер.

Благодаря открытию экзотических ядер, сделанному на пучках релятивистских ядер в Беркли, ядерная физика остается на передовом фронте исследований микромира.

## Литература

1. Бекман И.Н. Радиохимия, т. 1. М. – Онтопринт, 2011 г. - 398 с.
2. Бекман И.Н. Радиохимия, т. 2. М. – Онтопринт, 2014 г. - 398 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Борисевич А.О

Научный руководитель: Кудин В.И. к.ф.-м.н., доцент, Токарская В.В.

Каждый день мы, не задумываясь, пользуемся достижениями научно-технического прогресса: утюжим белье, кипятим электрический чайник, разогреваем в СВЧ-печи завтрак, обед и ужин, включаем стиральную машину и пылесос, фоном в доме работает телевизор, а еще фен, миксер, кофеварка и т.д. Что уж говорить о персональном компьютере (планшете) и мобильном телефоне — с ними наше поколение неразлучно!

А задумываемся ли мы: как взаимодействуют наш организм и все перечисленные приборы? По данным ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения) воздействие бытовых приборов на организм человека достаточно ощутимо.

Наибольшая плотность потока мощности лежит на таком бытовом приборе как СВЧ. Однако, никто не пользуется СВЧ достаточно долгое время и не сидит вплотную прижавшись к ней, в то время как многие люди способны часами, в любой ситуации или говорить по мобильному телефону или входить через него на Internet- порталы, сайты, чаты.

Необходимость увеличить собственный диапазон знаний и обратить внимание людей на проблемы пользования мобильной связью, выработать правила, позволяющие уменьшить вред, и определили для нас актуальность выбранной темы:

*Исследование влияния электромагнитного излучения мобильного телефона на организм человека.*

Цель:

*узнать о механизме и последствиях воздействия электромагнитного излучения и выработать правила пользования мобильной связью, позволяющие уменьшить данный вред.*

Электромагнитные волны, возбуждаются различными излучающими объектами, – заряженными частицами, атомами, молекулами, антеннами и