**Дата** 17.12.2020

**Группа** 20-ЭК-1д

**Дисциплина** Естествознание (физика)

**Тема урока Радиоактивность**

Известно 2500 атомных ядер, и 90 % из них являются нестабильными.

**Радиоактивность** – это способность нестабильных ядер превращаться в другие ядра с испусканием частиц.

Большие ядра получают нестабильность, как результат конкурирования притяжения нуклонов ядерными силами и кулоновского отталкивания протонов. Стабильных ядер с зарядовым числом Z>83 и массовым числом A>209 не существует. Однако радиоактивными свойствами могут обладать ядра атомов со значимо меньшими значениями чисел Z и A. Когда в составе ядра количество протонов существенно превышает число нейтронов, нестабильность объясняется излишком энергии кулоновского взаимодействия. Если же ядро содержит больше нейтронов, оно становится нестабильным, как следствие факта, что масса нейтрона больше массы протона. Если увеличивается масса ядра, растет и его энергия.

Явление радиоактивности открыл физик А.Беккерель в 1896 году: было обнаружено, что соли урана испускают неизвестное излучение, имеющее способность проходить сквозь препятствия и вызывать почернение фотоэмульсии. А спустя пару лет физики М. и П. Кюри зафиксировали радиоактивность тория и открыли два новых радиоактивных элемента – полоний 21084Po и радий 22688Ra.

В дальнейшем за изучение природы радиоактивных излучений принимались многие ученые, например, Э. Резерфорд со своими учениками. Было обнаружено, что радиоактивные ядра способны испускать три вида частиц: положительно заряженные, отрицательно заряженные и нейтральные.

α**-,**β**- и**γ**-излучения**– это излучения, на которые способны радиоактивные ядра (соответственно заряженное положительно, отрицательно и нейтрально).

В магнитном поле α- и β-лучи отклоняются в противоположных друг другу направлениях (отклонение β-лучей значимо больше); γ-лучи в магнитном поле вообще не получают отклонения.

Обнаруженные учеными три типа радиоактивных излучений имеют существенные отличия друг от друга в отношении способности ионизировать атомы вещества, а значит и по проникающей способности. Наименьшая проникающая способность характерна для α-излучения. В воздушной среде при нормальных условиях α-лучи проходят путь в несколько сантиметров. β-лучи, в свою очередь, менее поглощаемы веществом. Они имеют возможность проходить сквозь слой алюминия толщиной в несколько *мм*. Наконец, наибольшая проникающая способность принадлежит γ-лучам, имеющим способность проникать через слой свинца толщиной 5–10 *см*.

В 20-х годах XX века, после того, как Э. Резерфорд открыл ядерное строение атомов, появилось твердое утверждение, что радиоактивность является свойством атомных ядер. В ходе изучения было определено, что α-лучи есть поток α-частиц – ядер гелия He, β-лучи представляют собой поток электронов, а γ-лучи - это коротковолновое электромагнитное излучение при очень малой длине волны λ<10 м и, как следствие, ярко выраженных корпускулярных свойствах (эти лучи есть поток частиц – γ-квантов).

Рассмотрим подробнее существующие виды радиоактивного распада.

**Альфа-распад**

**Альфа-распад** – это самопроизвольное преобразование атомного ядра с числом протонов Z и нейтронов N в иное (дочернее) ядро, в котором содержится число протонов Z–2 и нейтронов N–2, сопровождающееся испусканием α-частицы – ядра атома гелия He.

**Схема α - распада**:



α-частицы, которые испускают ядра атомов радия, Резерфорд применял, проводя экспериментальное рассеивание на ядрах тяжелых элементов. Измерение по кривизне траектории в магнитном поле установило скорость α-частиц, испускаемых при α-распаде ядер радия: порядка 1,5⋅107 *м*/*с*. Размер кинетической энергии при этом - примерно

7,5⋅10-13*Дж* (около 4,8 *МэВ*). Эта величина несложно определяется, когда известны значения масс материнского и дочернего ядер и ядра гелия. Скорость испускаемой α-частицы очень велика, однако она равна лишь 5 % от скорости света, т.е. в расчетах допустимо использовать нерелятивистское выражение для кинетической энергии.

Также результатом исследований стал факт, что радиоактивное вещество способно испускать α-частицы с несколькими дискретными значениями энергий. Объяснение этому явлению заключается в способности ядер находиться, аналогично атомам, в различных возбужденных состояниях. В одном из таких состояний может оказаться дочернее ядро при α-распаде. Далее ядро переходит в основное состояние, и испускается γ-квант.

Итак, α-распад ядра во множестве случаев происходит совместно с γ-излучением.

Теория α-распада также содержит предположение о возможном образовании ядер групп, включающих в себя два протона и два нейтрона, т. е. α-частицу. Материнское ядро служит для α-частиц потенциальной ямой, ограниченной потенциальным барьером. Количество энергии α-частицы в ядре не хватает, чтобы преодолеть данный барьер.

Испускание α-частицы из ядра возможно лишь благодаря такому квантово-механическому явлению, как туннельный эффект.

Квантовая механика гласит, что существует неравная нулю вероятность прохождения частицы под потенциальным барьером. Явление туннелирования носит вероятностный характер.

**Бета-распад**

В процессе бета-распада ядро испускает электрон. Вообще существование в ядре электрона невозможно, т.е. появление электрона – лишь результат β-распада, сопровождающегося превращением нейтрона в протон. Такой процесс происходит как внутри ядра, так и со свободными нейтронами. Среднее время жизни свободного нейтрона равно примерно 15 минутам. При радиоактивном распаде нейтрон 10n превращается в протон 11p и электрон 0−1e.

В результате измерений было выявлено, что при бета-распаде наблюдается кажущееся нарушение закона сохранения энергии, поскольку суммарно энергия протона и электрона, появившихся при распаде нейтрона, меньше энергии нейтрона. В 1931 году В. Паули предположил выделение при распаде нейтрона еще одной частицы с нулевыми значениями массы и заряда, уносящей с собой часть энергии.

**Нейтрино** **(маленький нейтрон)** – частица с нулевыми значениями массы и заряда, возникающая при распаде нейтрона. Была открыта в 1953 году.

Нейтрино плохо взаимодействует с атомами вещества, поскольку не обладает зарядом и массой, и вследствие этого ее обнаружение в ходе эксперимента очень затруднительно. Ионизирующая способность нейтрино является настолько малой, что один акт ионизации в воздухе приходится приблизительно на 500 *км* пути. На данный момент известно, что существует несколько типов нейтрино.

**Электронный антинейтрино**– частица, возникающая вследствие распада нейтрона и обозначаемая 00˜ve.

Те же явления происходят внутри ядер при β-распаде. При распаде одного их ядерных нейтронов образуется электрон, сразу же выбрасываемый из «родительского дома» (ядра) с очень большой скоростью, отличающейся от скорости света на небольшую долю процента. Поскольку распределение энергии, выделяющейся при β-распаде, между электроном, нейтрино и дочерним ядром имеет случайный характер, β-электроны способны обладать разными скоростями в широком интервале значений.

**Схема**β-**распада**:



β-распад сопровождается увеличением зарядового числа Z на единицу при неизменности массового числа A. Дочернее ядро в данном случае есть ядро одного из изотопов элемента, чей атомный номер в периодической системе Менделеева на единицу превышает атомный номер исходного ядра. В качестве характерного примера β-распада можно рассмотреть преобразование изотона тория 23490Th, возникающего при

αα-распаде урана 23892U, в протактиний 23491Pa.

Совместно с электронным β-распадом было определено такое явление, как позитронный β-распад: ядро испускает позитрон 0+1e и нейтрино 00ve.

**Позитрон** является частицей-двойником электрона, отличающейся от него лишь знаком заряда.

Существование позитрона предсказывалось еще в 1928 г. великим физиком П. Дираком. Спустя несколько лет позитрон обнаружили, как составляющую космических лучей. Позитроны возникают в результате реакции преобразования протона в нейтрон.

**Гамма-распад**

В отличие от α- и β-радиоактивности, γ-радиоактивность ядер не имеет связи с изменением внутренней структуры ядра, а также при гамма-распаде не изменяется зарядовое или массовое число. При α- или β-распаде дочернее ядро способно войти в некоторое возбужденное состояние и получить излишнюю энергию. Переход ядра из возбужденного состояния в основное происходит совместно с испусканием одного или более γ-квантов, чья энергия способна достигать уровня нескольких *МэВ*.

**Закон радиоактивного распада**

Любой образец радиоактивного вещества имеет в своем составе множество радиоактивных атомов. Поскольку для процесса радиоактивного распада характерна случайность, не зависящая от внешних условий, то закономерность в убывании количества N (t) нераспавшихся к данному моменту времени t ядер становится важнейшей статистической характеристикой процесса радиоактивного распада.

Допустим, число нераспавшихся ядер N (t) изменилось на ΔN<0 в течение небольшого промежутка времени Δt. Поскольку вероятность распада каждого ядра неизменна во времени, то количество распадов пропорционально количеству ядер N (t) и промежутку времени Δt.

Коэффициент пропорциональности λ – это вероятность распада ядра за время Δt=1*с*.

Это выражение означает, что скорость dNdt изменения функции N (t) прямо пропорциональна самой функции.

Такая зависимость имеет место во многих физических процессах (к примеру, при разряде конденсатора через резистор). Решение этого уравнения дает возможность записать экспоненциальный закон:

N (t)=N0e–λt

Здесь N0является начальным числом радиоактивных ядер при t=0.

Среднее время жизни радиоактивного ядра, обозначаемое, как τ, и равное: τ=1 λ- это время, за которое количество нераспавшихся ядер уменьшается в e≈2,7 раза.

В целях практического применения закон радиоактивного распада оптимально записать в ином виде, беря за основание число 2, а не e:

N(t)=N0 ⋅ 2–tT.

Период полураспада, обозначаемый, как*Т,* – это время, за которое произойдет распад первоначального количества радиоактивных ядер.

Величины τ и *Т* связаны друг с другом соотношением:

T=1λln 2=τ ln 2=0,693τ

Период полураспада является основной величиной, описывающей скорость радиоактивного распада. Чем меньше *Т*, тем интенсивность распада выше. Например, для урана T≈4,5 млрд лет, а для радия период полураспада составляет примерно 1600 лет: таким образом, активность радия во много раз больше, чем активность урана. Существуют радиоактивные элементы с периодом полураспада в доли секунды.

При α- и β-радиоактивном распаде дочернее ядро тоже может стать нестабильным. Т.е. допустимы серии последовательных радиоактивных распадов, заканчивающихся тем, что образуются стабильные ядра. В природе существует несколько подобных серий. Самая длинная серия - серия 23892U, включающая в себя 14 последовательных распадов

 (8 α-распадов и 6 β-распадов). Эта серия заканчивается стабильным изотопом свинца 20682Pb

Известно еще несколько радиоактивных серий, подобных серии 23892U. Существует последовательность от нептуния 23793Np (не обнаруженного в естественных условиях) до висмута 20983Bi. Эта серия радиоактивных распадов характерна для ядерных реакторов.

Радиоактивность была интересным образом использована в методе, который используется для датирования археологических и геологических находок. Датирование производится на основании концентрации радиоактивных изотопов. Чаще применяют радиоуглеродный метод датирования. Нестабильный изотоп углерода 146C появляется в атмосфере в результате ядерных реакций, которые вызываются космическими лучами. Малый процент этого изотопа имеется в воздухе совместно с обычным стабильным изотопом 126C. Растения и прочие организмы потребляют углерод из воздуха, накапливая оба изотопа в такой же пропорции, что и в воздушной среде. Растение гибнет и, естественно, перестает потреблять углерод, тогда нестабильный изотоп в результате β-распада постепенно превращается в азот 147N с периодом полураспада 5730лет. Точным измерением относительной концентрации радиоактивного углерода 146C в останках древних организмов возможно установить время их гибели.

Радиоактивное излучение всех типов (альфа, бета, гамма, нейтроны), а также электромагнитная радиация (рентгеновское излучение) оказывают сильнейшее биологическое воздействие на живые организмы. Это воздействие включает в себя процессы возбуждения и ионизации атомов и молекул, составляющих живые клеток. Воздействуя на клетки, ионизирующая радиация разрушает сложные молекулы и клеточные структуры, следствием чего является лучевое поражение организма, а потому крайне важны меры радиационной защиты людей, работающих с неким источником радиации и имеющим шанс попасть в зону действия излучения.

Серьезность проблемы в том, что человек может испытать на себе действие ионизирующей радиации и в бытовых условиях. Особую опасность для здоровья человека представляет инертный, бесцветный, радиоактивный газ радон 22286Rn. Радий в небольших количествах содержится в почве, в камнях, в разного рода строительных конструкциях. Концентрация радона имеет относительно небольшое время жизни, но постоянно пополняется в результате новых распадов ядер радия, поэтому радон может накапливаться в закрытых помещениях. Попав в легкие, радон испускает α-частицы и преобразуется в полоний 21884Po, не являющийся химически инертным. Далее происходит цепь радиоактивных преобразований серии урана. По данным Американской комиссии радиационной безопасности и контроля, человек в среднем получает 55 % ионизирующей радиации за счет радона и только 11 % за счет медицинских процедур. Доля космических лучей здесь - около 8 %. Общая доза облучения, получаемая человеком за жизнь, много меньше предельно допустимой дозы (ПДД), установленной для людей некоторых профессий, которые подвергаются дополнительному облучению ионизирующей радиацией.

**Разбор тренировочных заданий**

1. Выберите правильный ответ.

Какой порядковый номер в таблице Менделеева имеет элемент, который образуется в результате β--распада ядра элемента с порядковым номером ***Z***?

**Варианты ответов**:

1. *Z + 2*;
2. *Z - 1*;
3. *Z + 1*;
4. *Z - 2*.

**Правильный вариант** : 3)***Z + 1***;

**2.Решим задачу:** «В результате серии радиоактивных распадов уран  превращается в свинец . При этом он испытывает \_\_\_ альфа-распадов и \_\_\_ бета-распадов».

Решение:



*х –*количество альфа-распадов

238 = 206 + 4*х*

*х =*8 – альфа-распадов.

92 + 8 · 2 – 82 = 6 – бета-распадов

Ответ: 8 альфа-распадов, 6 бета-распадов.

**Самостоятельная работа**

*Задача 1.* Изотоп тория 23090Th испускает α-частицу. Какой элемент при этом образуется?

*Задача 2.* Протактиний 23191Рa α –радиоактивен. С помощью правил «сдвига» и таблицы элементов Менделеева определите, какой элемент получается с помощью этого распада.

 Преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Исмаилова З.И.