Оглавление

Введение 3

1. Радиоактивность 4

1.1. История открытия явления радиоактивности 4

1.2. Виды радиоактивных превращений атомных ядер 6

1.3. Свойства радиоактивных излучений 8

2. Квантовая теория 11

2.1. История развития квантовой механики 11

2.2. Особенности квантовой теории 15

Заключение 17

Список использованной литературы 18

Введение

Изучение радиоактивности имеет большое значение для исследования структуры и свойств веществ. Лишь после открытия радиоактивности стало возможным превращение одних хим. элементов в другие, синтез ядер элементов, не существовавших на Земле. Изучение радиоактивности значительно расширило перспективы энергетики, привело к созданию ядерной энергетики, ядерного оружия. Радиоактивность нашла применение в с. х-ве, медицине и т.д. Вместе с тем перед человечеством возник целый ряд новых сложных проблем, связанных с предотвращением вредного воздействия излучения на живые организмы. Открытие радиоактивности привело к рождению новой физики, позволившей понять структуру атома и атомного ядра, и послужило воротами в странный и гармоничный квантовый мир элементарных частиц.

Поскольку квантовомеханическое описание является на данный момент наиболее полным из всех других известных описаний физической реальности, выводы, полученные на его основе, имеют фундаментальное значение и формируют современную концепцию естествознания в целом.

Цель работы:

1) Изучить историю открытия явления радиоактивности и квантовой теории.

Задачи:

1. Рассмотреть понятие радиоактивности, изучить основные виды радиоактивных превращений и свойства радиоактивных излучений ядер атомов;
2. Выявить особенности квантовой теории

1. Радиоактивность

1.2 История открытия явления радиоактивности

Французский физик А.А. Беккерель (1852–1908) 1 марта 1896г. обнаружил почернение фотопластинки под действием невидимых лучей сильной проникающей способности, испускаемых солью урана. Вскоре он выяснил, что способностью лучеиспускания обладает сам уран. Радиоактивность (такое название получило открытое явление) оказалась привилегией самых тяжелых элементов таблицы Менделеева. Это явление определяют как самопроизвольное превращение неустойчивого изотопа одного элемента в изотоп другого, при этом происходит испускание электронов, протонов, нейтронов или ядер гелия (альфа-частиц). Было установлено, что радиоактивность – весьма распространенное явление.

Атомные ядра, которые отличаются числом нейтронов и протонов, имеют общее название – нуклиды. Из 1500 известных нуклидов только 265 – стабильные. Среди элементов, содержащихся в земной коре, радиоактивными являются все с порядковыми номерами более 83, т. е. расположенные в периодической системе после висмута. У них вообще нет стабильных изотопов (изотопы – разновидности атомов одного и того же химического элемента, отличающиеся числом нейтронов в составе ядра). Естественная радиоактивность обнаружена у отдельных изотопов и других элементов. Природные радиоактивные изотопы подвержены распаду, сопровождающемуся испусканием альфа- или бета-частиц (очень редко обоих видов).

В 1940 г. советские ученые Г.Н. Флеров и К.А. Петржак обнаружили новый вид радиоактивных превращений – спонтанное деление ядер. Испускание гамма-лучей не приводит к превращениям элементов и потому не считается видом радиоактивных превращений. Таким образом, число способов радиоактивного распада природных изотопов весьма ограниченно.

Тем не менее ныне известны и другие способы. Они были открыты или предсказаны после того, как в 1934г. французские физики, супруги Ирен (1897– 1956) и Фредерик (1900–1958) Жолио-Кюри, наблюдали явление искусственной радиоактивности. В результате ядерных реакций (например, при облучении различных элементов альфа-частицами или нейтронами) образуются не существующие в природе радиоактивные изотопы. И. и Ф. Жолио-Кюри осуществили ядерную реакцию, продуктом которой был радиоактивный изотоп фосфора с массовым числом 30. Данный вид превращений называют бета-плюс распадом, подразумевая под бета-минус испускание электрона. В ходе бета-плюс распада заряд ядра уменьшается на 1. Такое же его изменение происходит при так называемом орбитальном захвате: некоторые ядра могут захватывать электрон с ближайших оболочек. Это тоже вид радиоактивных превращений. Принято бета-плюс, бета-минус распады и эпсилон-захват объединять под общим названием бета-распада. Физики-теоретики предсказали возможность двойного бета-превращения, при котором одновременно испускаются два электрона или два позитрона. На практике такое превращение пока не обнаружено. Наблюдалась также протонная и двухпротонная радиоактивность. Всем этим видам превращений подвержены только искусственные изотопы, не встречающиеся в природе.

Радиоактивность характеризуется не только видом испускаемых частиц, но и их энергией, которая может в миллионы раз превосходить энергию химических процессов. Для каждого отдельного ядра предсказать заранее момент распада абсолютно невозможно. Время жизни ядра – случайная величина. На скорость радиоактивного распада нельзя повлиять внешними факторами –давлением, температурой и др. Спонтанный характер распада – одна из наиболее важных его особенностей.

Хотя все ядра живут разное время от момента образования до момента распада, для каждого радиоактивного вещества существует вполне определенное среднее время жизни ядер. Скорость распада подчиняется закону радиоактивного распада, выраженному формулой:

N t = N0e-λt,

где λ – постоянная радиоактивного распада, N t – число нераспавшихся ядер в момент времени t; N0 – начальное число нераспавшихся ядер (в момент t=0). [Карпеников]

1.2 Виды радиоактивных превращений атомных ядер

**Альфа-распад.** При α-распаде радиоактивное ядро излучает быстродвижущееся ядро атома гелия, называемое иначе α-частицей. Заряд α-частицы равен двум элементарным зарядам, а массовое число равно четырем. Поэтому излучение α-частицы приводит к уменьшению массового числа ядра на 4 единицы, а заряда ядра ─ на 2 единицы. Следовательно, в результате излучения α-частицы исходное ядро превращается в ядро элемента, у которого порядковый номер на 2, а массовое число на 4 единицы меньше, чем у исходного. Например, излучая α-частицу, уран превращается в изотоп тория, а полоний в изотоп свинца.

**Бета-минус-распад (или электронный распад).** Установлено, что свободный нейтрон с течением времени превращается в протон и две легкие частицы ─ электрон и антинейтрино. Нейтрино (антинейтрино) не обладает электрическим зарядом и крайне слабо взаимодействует с веществом, поэтому нейтрино (антинейтрино) в обычных условиях опыта себя никак не проявляет и на последующих рисунках не представлено.

В некоторых радиоактивных ядрах аналогичный процесс может происходить с одним из нейтронов ядра. При этом образующийся протон остается в ядре, а электрон и нейтрино вылетают из него. В результате такого процесса массовое число ядра остается без изменения, а его заряд увеличивается на единицу. Следовательно, ядро исходного элемента превращается в ядро, у которого порядковый номер на единицу больше, чем у исходного. Таким образом, продуктом превращения будет элемент, стоящий на одну клетку дальше от начала таблицы Менделеева. Электрон, вылетающий из исходного ядра, носит название β¯-частицы.

**Бета-плюс-распад (или позитронный распад).** Механизм позитронного распада следующий: один из протонов атомного ядра превращается в нейтрон, позитрон и нейтрино. Нейтрон остается внутри ядра, а позитрон и нейтрино вылетают из него. Позитрон—это элементарная частица, по свойствам подобная электрону, но отличающаяся от него знаком электрического заряда: позитрон заряжен положительно. В результате β+-превращения массовое число ядра остается без изменения, а его заряд уменьшается на единицу. Поэтому ядро исходного элемента превращается в ядро с порядковым номером, на единицу меньшим. Следовательно, продуктом превращения будет элемент, стоящий на одну клетку ближе к началу таблицы Менделеева.

**Электронный или К-захват.** В известном смысле этот процесс противоположен β¯-распаду. При электронном захвате атомное ядро захватывает один из электронов с внутренних электронных оболочек атома и испускает нейтрино. Чаще всего электрон захватывается из ближайшей к ядру К-оболочки (рис. 1.4). Поэтому данный процесс называется обычно К-захватом. В результате захвата электрона один из протонов ядра превращается в нейтрон. Поэтому порядковый номер ядра, так же как и в случае β+-распада, уменьшается на единицу, а массовое число ядра остается неизменным. Следовательно, продуктом этого типа превращения является ядро элемента, находящегося на одну клетку ближе к началу таблицы Менделеева, чем исходный элемент. На место захваченного ядром электрона через весьма короткое время перейдет один из электронов, находящийся на более удаленной оболочке. Этот процесс сопровождается излучением характеристических рентгеновских лучей.

Продуктами радиоактивных превращений могут быть либо стабильные изотопы, либо радиоактивные. В последнем случае процесс превращения продолжается до тех пор, пока продуктом распада не окажется стабильный изотоп.

У ядер некоторых изотопов радиоактивное превращение может происходить как путем испускания α-частиц, так и путем электронного захвата.

Многие изотопы испытывают одновременно β+ распад и К-захват. В этом случае оба типа распада приводят к одному и тому же конечному ядру, например, мышьяк превращается в германий.

**Гамма-излучение.** Радиоактивные превращения многих изотопов сопровождаются испусканием жесткого электромагнитного излучения. Это — так называемые γ-лучи, которые по своим физическим свойствам не отличаются от жестких рентгеновских лучей.

Гамма-излучение возникает тогда, когда ядра — продукты радиоактивного превращения оказываются сначала в состоянии с избыточной энергией, а затем переходят в нормальное невозбужденное состояние. Как было сказано, γ-излучение испускается при переходах ядер из возбужденных энергетических состояний в основное или менее возбужденные состояния, а также при ядерных реакциях.

Следует подчеркнуть, что гамма-излучение не является самостоятельным типом радиоактивности. Оно сопровождает процессы α- и β-распадов и не вызывает изменения заряда и массового числа ядер. Установлено, что γ-лучи испускаются дочерним ядром, которое в момент образования оказывается возбужденным. Снятие энергии возбуждения ядра происходит за время 10-12÷10-13с, что значительно меньше времени жизни возбужденного атома ~10-8с.

1.3 Свойства радиоактивных излучений

**Альфа-излучение.** Альфа-излучение — это поток α-частиц, т. е. ядер атомов гелия. Альфа-частицы вылетают из ядер радиоактивных элементов с большой кинетической энергией — несколько миллионов электрон-вольт, что соответствует значениям скорости 109см/сек (напомним для сравнения, что скорость света в вакууме равна 3·1010см/сек). Движущиеся α-частицы можно отклонить сильными электрическим и магнитным полями. α-частицы способны проникать через тонкие слои вещества. Проходя через вещество, α-частицы претерпевают множество соударений с атомами. Часть соударений приводит к возбуждению атомов, т. е. к переводу электронов на орбиту с большим значением энергии. Возбужденные атомы спустя весьма короткое время возвращаются в нормальное состояние с испусканием света. Взаимодействие α-частиц с электронной оболочкой атомов может вызвать отрыв электронов от атомов, т. е. их ионизацию.

В результате этих процессов α -частица теряет свою энергию и замедляется. Хотя в каждом акте соударения α-частица расходует лишь небольшую долю своей начальной энергии, однако из-за чрезвычайно большого числа актов соударения на единице пути она быстро замедляется, пробегая до своей полной остановки сравнительно короткий путь. Длина пробега α-частицы в воздухе не превышает нескольких сантиметров. Число ионов, создаваемых α-частицей на единице пути (т.н. плотность ионизации) в воздухе, очень велико— несколько десятков тысяч на сантиметр.

**Бета-излучение.** Бета-излучение представляет поток электронов, движущиеся с весьма большой скоростью, приближающейся к скорости света.

При распаде ядер одного и того же изотопа испускаются β-частицы с разным значением энергии. Наибольшее значение энергии β-частиц является величиной, характерной для данного изотопа. Оно называется верхней границей β-спектра. Верхние границы β-спектра различных изотопов лежат в интервале от нескольких десятков кэВ до 15МэВ. Для большинства β-активных изотопов верхняя граница β-спектра заключена между несколькими кэВ и 2МэВ.

Движущиеся β-частицы отклоняются электрическим и магнитным полями в сторону, противоположную отклонению α-частиц. Проходя через вещество, β-частицы подобно α-частицам возбуждают и ионизуют атомы среды. Однако в силу большей скорости и меньшего заряда β-частицы претерпевают на единице пути меньше соударений, чем α-частицы. Поэтому длина пробега у β-частиц больше, а вызванная ими плотность ионизации меньше, чем для α-частиц той же энергии. Длина пробега в воздухе для β-частиц средней энергии (порядка одного МэВ) составляет несколько метров. β-частицы, пролетая в электрическом поле ядер встречных атомов, заметно отклоняются в сторону от первоначального направления. Поэтому пучок β-лучей сильно рассеивается в веществе.

β+-частицы (позитроны), отличаясь от электронов знаком заряда, отклоняются электрическим и магнитным полями в ту же сторону, что и α-частицы. β+- и β--частицы тормозятся и рассеиваются в веществе одинаково.

**γ-лучи.** γ-излучение представляет собой жесткое электромагнитное излучение, распространяющееся со скоростью света. Фотоны γ-излучения не обладают зарядом и поэтому не отклоняются электрическим и магнитным полями. Энергия γ-фотонов имеет значения, достигающие нескольких МэВ.

γ-излучение взаимодействует с веществом значительно слабее, чем β-излучение, и проходит в воздухе пути в сотни метров, а в твердых телах—сантиметры или десятки сантиметров, в зависимости от их плотности и энергии γ-фотонов.

В отличие от α - и β-частиц γ-фотоны поглощаются в одном или нескольких актах взаимодействия с атомами вещества, вызывая при этом появление вторичных электронов. Вторичные электроны производят ионизацию атомов окружающей среды.

Кинетическая энергия α- и β-частиц и энергия γ-фотонов в конечном счете переходит в тепловую энергию. Это проявляется в повышении температуры среды, поглотившей излучение.

2. Квантовая теория

2.1 История развития квантовой механики

Квантовая теория родилась в 1900 г., когда Макс Планк предложил теоретический вывод о соотношении между температурой тела и испускаемым этим телом излучением. Вывод, который долгое время ускользал от других ученых. Как и его предшественники, Планк предположил, что излучение испускают атомные осцилляторы, но при этом считал, что энергия осцилляторов (и, следовательно, испускаемого ими излучения) существует в виде небольших дискретных порций, которые Эйнштейн назвал квантами. Энергия каждого кванта пропорциональна частоте излучения. Хотя выведенная Планком формула вызвала всеобщее восхищение, принятые им допущения оставались непонятными некоторое время, так как противоречили классической физике. В 1905 г. Эйнштейн воспользовался квантовой теорией для объяснения некоторых аспектов фотоэлектрического эффекта – испускания электронов поверхностью металла, на которую падает ультрафиолетовое излучение. Попутно Эйнштейн отметил кажущийся парадокс: свет, о котором на протяжении двух столетий было известно, что он распространяется как непрерывные волны, при определенных обстоятельствах может вести себя и как поток частиц.

Квантовая гипотеза Планка состояла в том, что для элементарных частиц, любая энергия поглощается или испускается только дискретными порциями. Эти порции состоят из целого числа квантов с энергией таких, что эта энергия пропорциональна частоте ν с коэффициентом пропорциональности, определённым по формуле:

Ε = h\*v

где h — постоянная Планка.

Примерно через восемь лет Нильс Бор распространил квантовую теорию на атом и объяснил частоты волн, испускаемых атомами, возбужденными в пламени или в электрическом заряде. Эрнест Резерфорд показал, что масса атома почти целиком сосредоточена в центральном ядре, несущем положительный электрический заряд и окруженном на сравнительно больших расстояниях электронами, несущими отрицательный заряд, вследствие чего атом в целом электрически нейтрален.

Бор предположил, что электроны могут находиться только на определенных дискретных орбитах, соответствующих различным энергетическим уровням, и что «перескок» электрона с одной орбиты на другую, с меньшей энергией, сопровождается испусканием фотона, энергия которого равна разности энергий двух орбит. Частота, по теории Планка, пропорциональна энергии фотона. Таким образом, модель атома Бора установила связь между различными линиями спектров, характерными для испускающего излучение вещества, и атомной структурой. Несмотря на первоначальный успех, модель атома Бора вскоре потребовала модификаций, чтобы избавиться от расхождений между теорией и экспериментом. Кроме того, квантовая теория на той стадии еще не давала систематической процедуры решения многих квантовых задач.

Новая существенная особенность квантовой теории проявилась в 1924 г., когда де Бройль выдвинул радикальную гипотезу о волновом характере материи: если электромагнитные волны, например свет, иногда ведут себя как частицы (что показал Эйнштейн), то частицы, например электрон при определенных обстоятельствах, могут вести себя как волны. В формулировке де Бройля частота, соответствующая частице, связана с ее энергией, как в случае фотона (частицы света), но предложенное де Бройлем математическое выражение было эквивалентным соотношением между длиной волны, массой частицы и ее скоростью (импульсом). Существование электронных волн было экспериментально доказано в 1927 г. Клинтоном Дж. Дэвиссоном и Лестером Г. Джермером в Соединенных Штатах и Дж. П. Томсоном в Англии.

В свою очередь это открытие привело к созданию в 1933 г. Эрнестом Руской электронного микроскопа.

Под впечатлением от комментариев Эйнштейна по поводу идей де Бройля Шрёдингер предпринял попытку применить волновое описание электронов к построению последовательной квантовой теории, не связанной с неадекватной моделью атома Бора. В известном смысле он намеревался сблизить квантовую теорию с классической физикой, которая накопила немало примеров математического описания волн. Первая попытка, предпринятая им в 1925 г., закончилась неудачей. Скорости электронов в теории Шрёдингера были близки к скорости света, что требовало включения в нее специальной теории относительности Эйнштейна и учета предсказываемого ею значительного увеличения массы электрона при очень больших скоростях.

Одной из причин постигшей Шрёдингера неудачи было то, что он не учел наличия специфического свойства электрона, известного ныне под названием спина (вращение электрона вокруг собственной оси наподобие волчка), о котором в то время было мало известно. Следующую попытку Шрёдингер предпринял в 1926 г. Скорости электронов на этот раз были выбраны им настолько малыми, что необходимость в привлечении теории относительности отпадала сама собой. Вторая попытка увенчалась выводом волнового уравнения Шредингера, дающего математическое описание материи в терминах волновой функции. Шрёдингер назвал свою теорию волновой механикой. Решения волнового уравнения находились в согласии с экспериментальными наблюдениями и оказали глубокое влияние на последующее развитие квантовой теории.

Незадолго до того Вернер Гейзенберг, Макс Борн и Паскуаль Иордан опубликовали другой вариант квантовой теории, получивший название матричной механики, которая описывала квантовые явления с помощью таблиц наблюдаемых величин. Эти таблицы представляют собой определенным образом упорядоченные математические множества, называемые матрицами, над которыми по известным правилам можно производить различные математические операции. Матричная механика также позволяла достичь согласия с наблюдаемыми экспериментальными данными, но в отличие от волновой механики не содержала никаких конкретных ссылок на пространственные координаты или время. Гейзенберг особенно настаивал на отказе от каких-либо простых наглядных представлений или моделей в пользу только таких свойств, которые могли быть определены из эксперимента.

Шрёдингер показал, что волновая механика и матричная механика математически эквивалентны. Известные ныне под общим названием квантовой механики, эти две теории дали долгожданную общую основу описания квантовых явлений. Многие физики отдавали предпочтение волновой механике, поскольку ее математический аппарат был им более знаком, а ее понятия казались более «физическими». Операции же над матрицами – более громоздкими.

Вскоре после того, как Гейзенберг и Шрёдингер разработали квантовую механику, Поль Дирак предложил более общую теорию, в которой элементы специальной теории относительности Эйнштейна сочетались с волновым уравнением. Уравнение Дирака применимо к частицам, движущимся с произвольными скоростями. Спин и магнитные свойства электрона следовали из теории Дирака без каких бы то ни было дополнительных предположений. Кроме того, теория Дирака предсказывала существование античастиц, таких, как позитрон и антипротон, – двойников частиц с противоположными по знаку электрическими зарядами.

2.2 Особенности квантовой теории

* Обычно квантовая механика формулируется для нерелятивистских систем. Рассмотрение частиц с релятивистскими энергиями в рамках стандартного квантовомеханического подхода, предполагающего фиксированное число частиц в системе, наталкивается на трудности, так как при достаточно большой энергии частицы могут превращаться друг в друга. Эти трудности устраняются в квантовой теории поля, которая и является самосогласованной теорией релятивистских квантовых систем.
* Важным свойством квантовой механики является принцип соответствия: в рамках квантовой механики доказывается, что в пределе больших величин действия (квазиклассический предел) и в случае, когда квантовая система взаимодействует с внешним миром (декогеренция), уравнения квантовой механики редуцируются в уравнения классической физики (см. Теорема Эренфеста). Таким образом, квантовая механика не противоречит классической физике, а лишь дополняет её на микроскопических масштабах.
* Некоторые свойства квантовых систем кажутся непривычными (невозможность одновременно измерить координату и импульс, несуществование определённой траектории частицы, вероятностное описание, дискретность средних значений наблюдаемых величин). Это вовсе не значит, что они неверны: это означает, что наша повседневная интуиция никогда не сталкивалась с таким поведением, т. е. в данном случае «здравый смысл» не может быть критерием, поскольку он годится только для макроскопических систем. Квантовая механика — самосогласованная математическая теория, предсказания которой согласуются с экспериментами. В настоящее время огромное число приборов, используемых в повседневной жизни, основываются на законах квантовой механики, как например — лазер или сканирующий туннельный микроскоп.
* Классическая механика оказалась неспособной обьяснить движение электронов вокруг атомного ядра. Например: согласно ей, электрон, вращающийся с большой скоростью вокруг атомного ядра, излучает энергию. Следовательно, его кинетическая энергия уменьшается. Таким образом, классическая механика показывает, что электрон должен столкнуться с ядром, чего не происходит. Для понятия того, что происходит на уровне элементарных частиц была создана новая теория, цель которой была замена законов Ньютона. Чтобы обьяснить то, что происходит на уровне атома не следовало руководствоваться здравым смыслом. Квантовая теория — это совершенно новый взгляд на систему, позволяющий с оргомной точностью описать необычное поведение электронов и фотонов.

Заключение

Итак, гениальная гипотеза Планка была подтверждена многочисленными фактами. Появившаяся в это время теория атома Бора принесла ей новое, блестящее подтверждение, показав, до какой степени само строение материи связано с существованием квантов.

Открытие радиоактивности оказало огромное влияние на развитие науки и техники, Оно ознаменовало начало эпохи интенсивного изучения свойств и структуры веществ. Новые перспективы, возникшие в энергетике, промышленности, военной области медицине и других областях человеческой деятельности благодаря овладению ядерной энергией, были вызваны к жизни обнаружением способности химических элементов к самопроизвольным превращениям. Однако, наряду с положительными факторами использования свойств радиоактивности в интересах человечества можно привести примеры и негативного их вмешательства в нашу жизнь. К числу таких можно относится ядерное оружие во всех его формах, затонувшие корабли и подводные лодки с атомными двигателями и атомным оружием, захоронение радиоактивных отходах в море и на земле, аварии на атомных электростанциях и др.

Список использованной литературы

1. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания: Учебник для вузов. М.: Академический Проект, 2000.
2. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики. М: Наука, 1979.
3. http://www.phys.onu.edu.ua/files/student/3course/2term/vvedenie.pdf
4. Бом Д. Квантовая теория. М.: Наука, 1965.
5. Льоцци М. История физики. М: Мир, 1970