

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОНА С ПРОТОНОМ

Попенко В.И.

Научно-производственная корпорация
«Киевский институт автоматки»

Анализ Кулоновского взаимодействия электрона с протоном, явления K – захвата электрона ядрами некоторых изотопов, распада нейтронов и бета-распада изотопов позволяет предположить, что суть слабых взаимодействий состоит во взаимодействии магнитных моментов электрона и протона в комбинации с взаимодействием зарядов частиц.

Ключевые слова: нейтрон, протон, электрон, изотопы, слабые взаимодействия.

Частицы электрон e и протон p обладают электрическими зарядами разного знака $-q$ и $+q$. Электрическое поле зарядов убывает пропорционально минус второй степени расстояния $E = \pm rqr^{-3} \propto r^{-2}$.

Как электрон, так и протон обладают магнитными моментами $\mu = \frac{qh}{2mc}$, где: q – заряд частицы, $\hbar = h/2\pi$ – константа постоянная Планка, m – масса частицы, c – скорость света [1].

Магнитному моменту частицы отвечает магнитное поле, величина, которого пропорциональна магнитному моменту частицы и обратно пропорциональна третьей степени расстояния

$$H = \frac{\mu}{r^3} \left(3 \frac{r}{r} \cos\theta - \mu_0 \right), \quad (1)$$

где: μ – магнитный момент частицы, μ_0 – единичный вектор магнитного момента [2].

На расстояниях на много превышающих размеры атомов между электроном и протоном действуют только силы Кулоновского притяжения, обусловленные электрическими зарядами частиц, убывающие пропорционально минус второй степени расстояния между частицами $F = qE \propto r^{-2}$.

При сближении частиц, под действием сил Кулоновского притяжения, начинают сказываться взаимодействия магнитных моментов частиц с магнитным полем другой частицы, которое убывает пропорционально минус третьей степени расстояния.

Моменты сил, действующие на магнитные моменты частиц в магнитном поле другой частицы,

$$M_e = \mu_e \times H_p = \frac{1}{r^3} \left(\mu_e \times \mu_p - 3\mu_e \times r_2 \frac{(\mu_p r_2)}{r^2} \right) \quad (2)$$

$$M_p = \mu_p \times H_e = \frac{1}{r^3} \left(\mu_p \times \mu_e - 3\mu_p \times r_1 \frac{(\mu_e r_1)}{r^2} \right)$$

ориентируют их противоположными полюсами друг к другу.

Энергия взаимодействия диполей пропорциональна минус третьей степени расстояния между ними и зависит от взаимной ориентации магнитных диполей – магнитных моментов частиц

$$W_{\mu_e \mu_p} = \mu_e H_p + \mu_p H_e = \frac{2\mu_e \mu_p}{r^3} (\cos\gamma - 3\cos\theta_1 \cos\theta_2) = \frac{2\mu_e \mu_p}{r^3} f(\theta_1, \theta_2, \gamma), \quad (3)$$

где: θ_1, θ_2 – углы между векторами магнитных моментов μ_e, μ_p и прямой соединяющей частицы, γ – угол между диполями векторами μ_e, μ_p .

Для частиц магнитные моменты, которых сориентированы противоположными полюсами друг к другу, косинусы углов $\theta_1, \theta_2, \gamma$, равны единицам, поэтому функция взаимного расположения и ориентации частиц $f(\theta_1, \theta_2, \gamma)$ равняется минус двум [3]. Энергия взаимодействия магнитных моментов будет зависеть только от расстояния между частицами

$$W_{\mu_e \mu_p} = \mu_e \cdot H_p + \mu_p \cdot H_e = -\frac{4\mu_e \mu_p}{r^2} \quad (4)$$

Обнаружить её экспериментально затруднительно, поскольку убывая пропорционально минус третьей степени расстояния, она маскируется энергией Кулоновского взаимодействия зарядов, убывающей пропорционально минус первой степени расстояния между частицами.

Ориентированные противоположными полюсами, магнитные моменты, являясь, по сути, магнит-

ными диполями, также испытывают взаимное притяжение, силы которого убывают пропорционально минус четвертой степени расстояния

$$F_e = \nabla(\mu_e \cdot H_p), F_p = \nabla(\mu_p \cdot H_e), F = \frac{12\mu_e \mu_p}{r^4}. \quad (5)$$

Притяжение между магнитными диполями действует до расстояния между частицами равного радиусу связи диполей, после чего притяжение сменяется взаимным отталкиванием [4].

При равенстве сил Кулоновского притяжения между зарядами электрона и протона силам отталкивания, возникающим при сближении диполей магнитных моментов частиц до расстояний меньших радиуса связи диполей, электрон и протон образуют связанное состояние атома водорода.

Расстояние между связанными частицами, согласно квантовой физике, равно величине, порядка первого Боровского радиуса электрона в атоме водорода.

Энергия связи равна энергии ионизации атома водородного – 13,6 эВ.

Дальнейшее сближение частиц будет сопровождаться совмещением магнитных полей, отвечающих их магнитным моментам и повышением энергии их взаимодействия.

Это означает, что сближение частиц до расстояний меньших радиуса связи требует затрат энергии.

В случае, когда на совмещение частиц будет затрачена энергия равная энергии, освобождающейся при распаде нейтрона, составляющая порядка 0,783 МэВ, частицы объединяются в нейтрон.

Это подтверждается фактом захвата электрона ядрами некоторых атомов с K оболочки атома. При этом один из протонов ядра, в результате объединения с захваченным электроном превращается в нейтрон [1].

Собственная энергия протона и электрона, эквивалентная массам частиц, складывается с энергией электрического поля зарядов W_g , энергии магнитного поля отвечающего их магнитным моментам W_μ и энергии поля W_s соответствующего спинам частиц

$$M_p c^2 = W_g + W_{\mu_p} + W_{s_p}, m_e c^2 = W_g + W_{\mu_e} + W_{s_e}. \quad (6)$$

Собственная энергия нейтрона

$$M_n c^2 = W_{\mu_n} + W_{s_n} \quad (7)$$

не содержит энергию электрического поля, так как нейтрону не присуще электрическое поле в явном виде.

Аннигиляция частиц со своими античастицами, с излучением фотонов электромагнитной энергии, говорит о том, что все составляющие собственной энергии частиц имеют электромагнитную природу.

В отличие от сохраняющихся величин заряда и энергии магнитные моменты, возможно, не подчиняются закону сохранения, отчего магнитный момент нейтрона не равен алгебраической сумме магнитных моментов электрона и протона.

K – захват более вероятен для изотопов тяжелых элементов, электроны K оболочки которых, расположены во много раз ближе к ядру, а отношение числа нейтронов к числу протонов меньше характерного для стабильных изотопов данного атома. Для лёгких элементов, таких как литий ${}^6_3\text{Li}$ это соот-

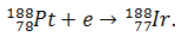
ношение составляет 1,333, для тяжелых элементов, как уран ^{238}U составляет 1.587.

Величина обратная отношению числа нейтронов к числу протонов пропорциональна плотности заряда ядра, поэтому, чем меньше эта величина, тем выше плотность заряда ядра и соответственно выше его Кулоновский потенциал вблизи поверхности ядра.

Можно полагать, что именно повышенный Кулоновский потенциал и, соответствующая ему, повышенная напряженность электрического поля, вблизи поверхности ядра инициирует захват электрона с K оболочки ядрами изотопов, у которых отношение числа нейтронов к числу протонов меньше характерного для стабильных изотопов данного атома.

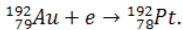
Форма поверхности ядра не является идеально шарообразной это установленный факт [1]. K – захват, вероятно, происходит протоном, который, для архитектуры данного ядра несколько выступает над его общей поверхностью и является концентратором напряженности электрического поля.

К примеру, с ядром изотопа платины ^{188}Pt , для которого отношение числа нейтронов к числу протонов составляет 1,41, в то время как для стабильных изотопов платины характерно отношение 1,5, за время порядка десяти дней может случиться реакция K – захвата электрона, с образованием изотопа иридия ^{188}Ir



В результате реакции освобождается энергия, равная разности энергии связи, конечного и начального продукта реакции $\Delta W = 1495,3 - 1494,0 = 1,3$ МэВ [1].

Аналогичная реакция, за время порядка 4,1 часа, может произойти с изотопом золота ^{192}Au , отношение числа нейтронов, к числу протонов которого 1,43, с превращением его в изотоп платины ^{192}Pt ,



Энергия, освобождающаяся в этой реакции равна $\Delta W = 1524,6 - 1520,6 = 4$ МэВ.

Освобождаемая энергия уносится в виде э.м. излучения и, согласно современным воззрениям, испускаемым в процессе реакции, нейтрино.

Следует полагать, что нейтрино, как и анти нейтрино, которые не имеют массы покоя, представляют собой трудно наблюдаемое э.м. излучение.

При распаде свободного нейтрона энергия, порядка 0,783 МэВ, передается в виде кинетической энергии разлетающимся частицам, и излучению, возникающему при ускорении электрона выбрасываемого нейтроном, на частотах превышающих рентгеновские излучения, и называемого анти нейтрино.

Нейтринные и анти нейтринные излучения трудно регистрируемы, так как плотность их на десятки порядков ниже наблюдаемых оптических и рентгеновских излучений атомов.

Причина тому, то, что плотность атомов участвующих в хорошо наблюдаемых оптических и рентгеновских излучениях настолько же порядков превышает плотность распадающихся нейтронов служащих источником излучений антинейтрино.

Характерно, что время жизни изотопа, подвергающегося реакции коррелируется обратной зависимостью с освобождаемой в реакции энергией.

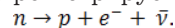
Более высоким значениям освобождаемой в реакции энергии соответствует меньшее время жизни изотопа, подвергающегося реакции.

Время жизни изотопа платины ^{188}Pt , по отношению к реакции K -захвата, с освобождением энергии 1,3 МэВ, составляет порядка 10 дней, а для изотопа золота ^{192}Au при величине освобождающейся энергии порядка 4 МэВ составляет всего 4,1 часа.

K -захват электрона относится к, так называемым, слабым взаимодействиям.

К слабым взаимодействиям относится также и распад свободных нейтронов и нейтронов, связанных в ядрах атомов, у которых отношение числа нейтронов к числу протонов больше характерного для стабильных изотопов данного атома.

Свободный нейтрон, через время порядка 10 минут после выхода из ядра, распадается на протон, электрон и трудно регистрируемое антинейтрино



Энергия, эквивалентная массе покоя нейтрона, больше суммы энергии также эквивалентной массам покоя протона и электрона, образующимся в результате распада нейтрона, на величину кинетической энергии разлета частиц и энергии уносимой антинейтрино, что составляет около 0,783 МэВ.

$$[M_n - (M_p + m_e)]c^2 = 1,532m_e c^2 = 0,783 \text{ МэВ}.$$

Можно полагать, что эта разность составляет энергию слабого взаимодействия, вызывающего распад нейтрона на протон и электрон.

Необходимо отметить, что подвержены распаду преимущественно свободные нейтроны. Нейтроны, связанные в атомных ядрах, с соотношением числа нейтронов к числу протонов характерному для стабильных изотопов данного атома, как правило, стабильны, не распадаются.

По энергии слабого взаимодействия, которая высвобождается при распаде нейтрона и энергии кулоновского взаимодействия между протоном и электроном можно найти зависимость их взаимной энергии от расстояния между частицами.

Зависимость энергии Кулоновского взаимодействия от расстояния r между протоном и электроном известна $U = -e^2/r$.

Энергия слабого взаимодействия для расстояний между частицами меньших радиуса связи положительна. Максимальное значение её 0,783 МэВ, на пять порядков больше энергии связи водорода.

Полагая, что потенциал слабого взаимодействия адекватен энергии взаимодействия магнитных моментов частиц убывающей пропорционально третьей степени расстояния $W_{\mu_e \mu_p} = -\frac{4\mu_e \mu_p}{r^2}$, взаимную энергию электрона с протоном можно записать в виде разности

$$W_{e,p} = W_{\mu_e \mu_p} - U = \frac{4\mu_e \mu_p}{r^2} - \frac{e^2}{r} \quad (8)$$

В анализе взаимодействия полых цилиндрических магнитов [4] было установлено, что энергия совмещенных магнитов (магнит меньшего диаметра вдвинут в магнит большего диаметра) положительна.

При точном совмещении магнитов равнодействующая сил равна нулю. Но с малейшим смещением равно действие сил нарушается силы расталкивания, стремятся вытолкнуть внутренний магнит за пределы внешнего.

При одинаковой длине магнитов зависимость энергии взаимодействия от расстояния имеет резкий максимум, состояние совмещенных магнитов неустойчиво.

Без сторонних удерживающих причин внутренний магнит немедленно выталкивается за пределы внешнего магнита.

Если же магниты разной длины, скажем внешний магнит несколько короче внутреннего магнита, или наоборот, и они совмещены центрами по их оси, зависимость энергии взаимодействия имеет плоскую вершину. Состояние совмещенных магнитов разной длины более устойчиво, чем для равновеликих магнитов.

Степень устойчивости совмещенных центрами магнитов заметно зависит от величины разности длин магнитов, которая в определенной мере адекватна разности их магнитных моментов.

При наличии зарядов разного знака, у взаимодействующих частиц, с магнитными моментами разной величины, что адекватно взаимодействию полых магнитов разной длины, возможны связанные состояния с положительной взаимной энергией имеющие определенное конечное время жизни.

Примером этому можно назвать объединение электрона и протона в нейтрон. Установленное экспериментально время полураспада свободного нейтрона 11,7 минут. Это, сравнительно не малое время,

возможно, определяется разницей величины их магнитных моментов, которая адекватна разновеликим магнитам и наличием разномножественных зарядов частиц электрона и протона, объединённых в нейтрон.

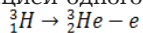
Распад свободного нейтрона и нейтронов в ядрах изотопов, отношение числа нейтронов к числу протонов у которых больше характерного для стабильных изотопов данного атома, наталкивает на предположение, что нейтроны удерживаются от распада Кулоновским потенциалом спаренных с ними в квадруполах протонов [5].

Расстояния между спаренными нуклонами в ядре приблизительно равны долям радиуса действия ядерных сил, $\sim 0.5 \cdot 10^{-13}$ см. Кулоновский потенциал соседнего, протона на таком расстоянии составляет величину, порядка $13,6 \cdot 5.3 \cdot 10^{-9} / 0.5 \cdot 10^{-13} \approx 106$ КэВ, превышающую потенциал, при котором начинает проявляться K – захват электрона ядром некоторых атомов.

О том, что нейтрон удерживает от распада, связь с протоном убеждает факт стабильности дейтрона. Связанные в дейтроне не стабильный нейтрон и стабильный протон, образуют стабильное образование.

Даже не совсем стабильный, по отношению к электронному распаду изотоп тритий, в ядре, которого связаны один протон и два нейтрона, также может служить подтверждением тому, что нейтроны удерживает от распада нуклонная связь с протонами.

Время полураспада тритона, с испусканием электрона и трансформацией одного нейтрона в протон,



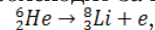
составляет около 12 лет. В то время, как распад свободного, не связанного с протоном нейтрона, составляет время порядка 11,7 минут.

Распад характерен не только для свободных нейтронов. Распад нейтронов происходит и внутри ядра,

когда соотношение протонов и нейтронов не достаточно для удержания некоторых нейтронов от распада.

Для лёгких элементов, как литий ${}^6_3\text{Li}$ это соотношение составляет 1,333, для тяжелых элементов, как уран ${}^{238}_{92}\text{U}$, порядка 1,587.

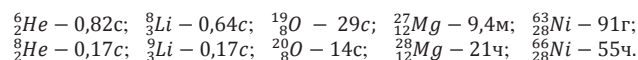
Распад избыточного нейтрона изотопа гелия ${}^6_2\text{He}$ с соотношением числа нейтронов к количеству протонов равного двум, происходит за время порядка 0.82 с.



с освобождением энергии 32,0-29,3=1,7 МэВ.

Распад изотопа гелия ${}^6_2\text{He}$ с соотношением числа нейтронов к числу протонов равным трём происходит за время, порядка 0.12 с., с освобождением 2,3 МэВ.

Ядра изотопов, перегруженные нейтронами, отношение количества нейтронов к количеству протонов которых, превышает величину характерную для стабильных изотопов, данного элемента, практически все подвержены электронному распаду. Время жизни их может длиться от долей секунд до нескольких часов и даже лет:



В статье изложены только факты особенностей взаимодействия частиц электрона и протона. Численные значения параметров взаимодействия частиц не возможно должным образом обозначить, так как не совсем установлены поля отвечающие спинам частиц, а некоторые характеристики частиц определены из квантовых представлений, которые не совпадают с представлениями классической физики.

Тем не менее, поиск в направлении изложенных в статье идей может быть плодотворным в развитии атомной физики в целом.

Список литературы:

1. Широков Ю. М. и Юдин Н. П. Ядерная физика. М. «Наука» 1972.
2. Джексон Дж. Классическая электродинамика. – М. «Мир» 1965.
3. Степанець Ю. А., Попенко В. Й. Взаємодія електричних диполів. Тези для наукової конференції «Перспективи розвитку сучасної науки» 2015.
4. Степанець Ю. А., Попенко В. Й. Взаємодія магнітних диполів. Тези для наукової конференції «Перспективи розвитку сучасної науки» 2015.
5. Попенко В. Й. Де які особливості взаємодії нуклонів. Тези для наукової конференції «Перспективи розвитку сучасної науки» 2015.

Попенко В.Й.

Науково-виробнича корпорація
«Київський інститут автоматики»

ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕКТРОНА З ПРОТОНОМ

Анотація

Аналіз Кулонівської взаємодії електрона з протоном, явища K – захоплення електрона ядрами деяких ізотопів, розпаду нейтронів і бета – розпаду ізотопів дозволяє припустити, що суть слабких взаємодій полягає у взаємодії магнітних моментів електрона і протона в комбінації зі взаємодією зарядів часток.

Ключові слова: Нейтрон, протон, електрон, ізотопи, слабкі взаємодії.

Popenko V.Y.

Research and Production Corporation
«Kyiv Institute of Automation»

ABOUT SOME FEATURES OF ELECTRON-PROTON CO-OPERATION

Summary

Analysis of Coulomb's electron-proton co-operation, phenomenon of K – capture of electron by the kernels of some isotopes, disintegration of neutrons and beta – disintegration of isotopes allows to suppose that essence of weak co-operations consists of co-operation of magnetic moments of electron and proton in combination with co-operation of charges of particles.

Keywords: neutron, proton, electron, isotopes, weak co-operations.