Свойство частиц вакуума образовывать мультипольные моменты и вычисление на этой основе собственной энергии в центрально-симметричном поле

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

При исследовании операторов рождения и уничтожения выяснилось, что переходы осуществляются между мультиполями, описывающие свойства частиц вакуума см. [2]. При этом разные состояния электрона в атоме водорода соответствуют разным мультиполям. Т.е. квантовая система состоит из элементарных частиц, которые образованы частицами вакуума с разным мультипольным моментом. При этом элементарные частицы образуют кристаллическую решетку из частиц вакуума. Причем каждому мультипольному моменты соответствует своя энергия состояния. При этом потенциальную энергию элементарных частиц можно получить, усредняя энергию частиц вакуума, мультипольных моментов. Зная потенциальную энергию, можно определить собственную энергию частицы.

Кинематической вязкости вакуума ν, полученной из предположения о свойствах постоянной Планка образовывать кинематическую вязкость см. [1] соответствует формула

$$\nu = i\frac{\hbar}{m_\gamma} = \Lambda ic, \quad (1)$$

где получается, что длина свободного пробега Λ выражается через массу частицы вакуума (кинематическая вязкость газа равна $\nu = c\Lambda$). При этом окажется, что вычисленная далее по тексту масса частицы вакуума равна $m_\gamma = 2.29 \cdot 10^{-67}\,\mathrm{g}$.

$$\Lambda = \frac{\hbar}{m_\gamma c},$$

что позволяет оценить длину свободного пробега, которая будет определена по массе частицы, равна величине $\Lambda = 1.2 \cdot 10^{29} cm$. Т.е. вакуум является разреженным газом с большой длиной свободного пробега.

Вакуум состоит из диполей, образованных электрон-позитронными парами.

При этом позитроний не стабилен, что следует из его описания как водородоподобной системы, состоящей из электрона и его античастицы, позитрона. Но при энергии позитрония, равной $7.66 \cdot 10^{-47}\,\mathrm{erg}$, позитроний является стабильной частицей. Эта энергия частицы соответствует сближению электрона и позитрона и образованию диполя. При этом энергия позитрония изменится, определяясь по формуле $e^2 l_\gamma / [r - (\mathbf{r}, \mathbf{V})/c]^2$ вместо величины e^2 / r, следовательно, волновая функция позитрония изменится и, судя по энергии покоя позитрония, он в этом случае является стабильной частицей. При этом волновая функция вакуума будет представлять одну частицу с малой массой, определенной из дальнейших описаний. Возможен предельный переход при условии $l_\gamma \to 0$, в отличие от энергии электрона, у которого радиус конечен.

Источником массы электрона или позитрона является его электрическая энергия, равная $m_e c^2 = e^2 / r_{ge}$.

По мере уменьшения потенциальной энергии этой частицы, позитрония, электрон и позитрон сближаются на расстояние меньше их радиуса r_e, компенсируя заряды, образуя диполь. По порядку величины, эту связь можно записать в виде $m_\gamma c^2 = e^2 l_\gamma / r_{ge}^2$. Энергия этого диполя определяется по формуле

$$m_\gamma c^2 = eU_\gamma = e^2 \left(\frac{1}{r_{ge+}} - \frac{1}{r_{ge-}}\right) = e^2 \frac{r_{ge-} - r_{ge+}}{r_{ge-} r_{ge+}} = e^2 \frac{l_\gamma}{r_{ge}^2}.$$

При этом волновые функции зарядов пересекаются, но между их центрами есть расстояние l_γ. При рассмотрении взаимодействия положительного заряда с диполем, заряд которого эквивалентен отрицательному, и притягивается к положительному заряду и имеем неравенство $r_{ge-} > r_{ge+}$, т.е. величина энергии в правой части равенства положительна. При взаимодействии с отрицательным зарядом, диполь становится положителен, приближается к отрицательному заряду, и значит, имеем неравенство $r_{ge+} > r_{ge-}$.

$$m_\gamma c^2 = eU_\gamma = e^2(\frac{1}{r_{ge-}} - \frac{1}{r_{ge+}}) = e^2 \frac{r_{ge+} - r_{ge-}}{r_{ge-} r_{ge+}} = e^2 \frac{l_\gamma}{r_{ge}^2}$$

При этом энергия диполя отрицательна, так как справедливо $m_\gamma c^2 - e^2 \frac{l_\gamma}{r_{ge}^2} = 0$

Величину $r_\gamma = r_{ge}$ назовем образующим радиусом диполя. В случае атома водорода образующий радиус состоит из двух разных диполей, диполя образующего электроном и позитроном, и диполя образующего электронами и ядром атома. Средний эффективный радиус диполя равен $r_\gamma = \sqrt{r_{ge} a_0}$, где a_0 это радиус Бора. В случае ядра атома, образующий радиус кварка равен $r_\gamma = \sqrt{r_{ge} r_d}, r_d = e^2/(9 m_d c^2)$ и образован двумя диполями, кварк и антикварк, электрон и позитрон. По образующему радиусу диполя определяются эффективные свойства частиц вакуума по формулам (6), (8).

Объяснить введение образующего радиуса частицы вакуума можно следующим образом. Формула для потенциала мультипольного момента имеет вид

$$U_k = \frac{e^2 l^k}{R_0^{k+1}} \cos\chi \qquad (2)$$

См. [4]§41. Формула для взаимодействия двух одинаковых диполей имеет вид

$$U_k = -\frac{e^2 l^k}{R_0^{k+1}} \sqrt{\cos\chi_1 \cos\chi_2}$$

В атоме водорода для взаимодействия двух частиц необходимо $\chi_1 = \chi_2 = 0$. При этом поверхность сферы, образованной центрально-симметричным потенциалом, делится на k частей, где k ранг мультиполя. Площадь каждой части, которую занимает одна частица, составляет $1/k^2$ площади поверхности сферы. Итого имеем энергию взаимодействующих частиц надо умножить на величину $1/k^2$. Значит, имеем значение потенциала

$$U_k = -\frac{e^2 l^k}{k^2 R_0^{k+1}}$$

Описание мультиполя с приближенной потенциальной энергий $\frac{e^2 l_\gamma^k}{k^2 r^{k+1}} \cong \frac{e^2}{k^2 r}(\frac{l_\gamma}{a_0})^k$, можно представить, как величину заряда $e\sqrt{(l_\gamma / a_0)^k}$ электрона, вращающегося в поле ядра с тем же зарядом. Радиус r_B, соответствующий радиусу Бора, полученный решением для атома водорода с таким зарядом $e\sqrt{(l_\gamma / a_0)^k}$ ядра и электрона, равен $r_B = \frac{\hbar^2}{mq^2}\frac{m_\gamma}{m_e} = \frac{\hbar^2}{me^2}(\frac{a_0}{l_\gamma})^k \frac{m_\gamma}{m_e} = 137^2 r_e (\frac{a_0}{l_\gamma})^k \frac{m_\gamma}{m_e}$. Откуда энергия частицы вакуума, равна $\frac{e^2}{k^2 r_B} = \frac{e^2 l_\gamma^k}{137^2 k^2 r_e a_0^k}\frac{m_e}{m_\gamma} = \frac{m_e c^2}{137^2 k^2}$. Откуда образующий радиус электронов в атоме водорода равен среднему геометрическому между радиусом Бора электрона a_0 и электрическим радиусом электрона r_{ge}, т.е. $r_\gamma = (a_0^k r_e)^{\frac{1}{k+1}}$.

Аналогичный результат можно экстраполировать для протона с зарядом $e\sqrt{l_\gamma / r_{ge}}$ частицы вакуума. Радиус ядра с зарядами $e\sqrt{l_\gamma / r_{ge}}$ равен величине

$$r_A = \frac{\hbar^2}{137^2 m_u q_A^2}\frac{m_\gamma}{m_u} = \frac{\hbar^2}{137^2 m_u 27 e^2/4}\frac{r_{ge}}{l_\gamma}\frac{m_\gamma}{m_u} = \frac{e^2}{27 m_u c^2/4}\frac{r_{ge}}{l_\gamma}\frac{m_\gamma}{m_u} = \frac{r_u r_{ge}}{3 l_\gamma}\frac{m_\gamma}{m_u}. \qquad (3)$$

Заряд протона в ядре q_A равен $q_A = 3\sqrt{3}e/2$. Этот заряд протона в ядре получен из равенства потенциальной энергии протона его значению кинетической энергии. Кроме того, получена красивая формула для образующих нижнего и верхнего кварка. Энергия ядра равна $\frac{q_A^2}{r_A} = \frac{3 q_A^2 l_\gamma}{r_u r_{ge}}\frac{m_u}{m_\gamma}$.

Откуда имеем образующий радиус кварка, равен среднему геометрическому между размером кварка и электрическим радиусом электрона $r_{\gamma u}=\sqrt{r_u r_{ge}/3}$, $r_{\gamma d}=2\sqrt{r_d r_{ge}/3}$ где величина $r_u=\dfrac{4e^2}{9m_u c^2}$ размер кварка.

Сечение образовавшейся частицы вакуума в системе центра инерции при образовании диполя, со средним расстоянием между частицами, равным величине l_γ, состоящего из электрона и позитрона «радиуса» r_{ge}, равно по порядку величины

$$\sigma=l_\gamma r_\gamma/137=r_{eq}^2.$$

σ сечение образования электрон-позитронной пары в виде диполя. Причем эквивалентный радиус частицы, состоящей из электрона и позитрона, равен $r_{eq}=3.97\cdot 10^{-34}cm$. Параметры l_γ определится из формулы (4), параметр $r_\gamma=\dfrac{e^2}{m_{\gamma p}c^2}$, причем эти параметры вычислены в случае электрон, позитронной пары. В этом случае $m_{\gamma p}=m_e$ равно массе электрона или позитрона.

Для связи длины свободного пробега Λ с концентрацией n и сечением частиц σ справедлива формула см.[3]

$$n\sigma=\frac{1}{\Lambda}.$$

Значение концентрации определяем после вычисления массы частицы вакуума m_γ. Кроме того нужно определить расстояния между электроном и позитроном в составе частицы вакуума l_γ. Электромагнитный радиус электрона равен значению $r_{\gamma p}=r_{ge}=e^2/m_e c^2=2.84\cdot 10^{-13}\text{cm}$.

$$n=\frac{1}{\sigma\Lambda}=\frac{137m_\gamma c}{l_\gamma r_\gamma \hbar}=\frac{\rho_\gamma}{m_\gamma}$$

Откуда имеем

$$\frac{c}{\rho_\gamma \hbar}\frac{137m_\gamma^2}{r_\gamma}=l_\gamma \qquad (4)$$

При этом можно определить массу частицы вакуума, и значит величину размера диполя, образующего частицу вакуума

$$m_\gamma c^2 = e^2 l_\gamma / r_\gamma^2 \qquad (5)$$

Подставляя в (6) значение l_γ получим величину массы частицы вакуума m_γ

$$m_\gamma = \rho_\gamma r_\gamma^3; n_\gamma r_\gamma^3 = 1. \qquad (6)$$

При этом концентрация частиц вакуума равна

$$n = \frac{\rho}{\rho_\gamma r_\gamma^3} \qquad (7)$$

Где ρ плотность системы из элементарных частиц, например, плотность электрона в атоме равна $\rho = \frac{3m_e}{4\pi a_0^3}$, где m_e масса электрона, a_0 радиус Бора.

При этом величина размера диполя равна

$$l_\gamma = \frac{137\rho_\gamma r_\gamma^5 c}{\hbar} \qquad (8)$$

При выводе операторов рождения и уничтожения оказалось, что существуют состояния с мультипольным моментом. Это говорит о том, что частицы вакуума образуют не только диполи, но и мультиполи. Вычислим параметры этих мультипольных частиц из двух соотношений.

$$\frac{c}{\rho_\gamma \hbar} \frac{137 m_\gamma^2}{r_\gamma} = l_\gamma$$

При этом можно определить массу частицы вакуума, и значит величину размера мультиполя, образующего частицу вакуума

$$m_{\gamma k} c^2 = e^2 l_\gamma^k / r_\gamma^{k+1}$$

См. формулу (4). При этом в кристаллической структуре $\chi_1 = \chi_2 = 0$. Откуда для массы частицы, образующей мультипольный момент k ранга, имеем соотношение

$$m_{\gamma k} = (\rho_\gamma \frac{\hbar}{137c})^{\frac{k}{2k-1}} r_\gamma^{\frac{2k+1}{2k-1}} (\frac{c}{e})^{\frac{2}{2k-1}}.$$

При этом размер мультиполя равен

$$l_{\gamma k} = (\rho_\gamma \frac{c^2}{e^2})^{\frac{1}{2k-1}} r_\gamma^{\frac{2k+3}{2k-1}}.$$

При этом имеем значение отношение размера к массе

$$\frac{l_{\gamma k}^k}{m_{\gamma l}} = \frac{c^2}{e^2} r_\gamma^{\frac{2k^2+k-1}{2k-1}} = \frac{c^2}{e^2} r_\gamma^{k+1}$$

Вычислим потенциал электрона в атоме водорода через свойства частиц вакуума. Электрическая энергия электрона, т.е. электрическая энергия разноименно заряженных частиц вакуума по порядку величины равна. При этом имеем $N_e = \frac{m_e}{m_{\gamma 0}} = 6 \cdot 10^{22}$.

$$q\varphi = -\frac{e^2 l}{a_0^2}\frac{N_e}{2} = -\frac{e^2 l}{a_0^2}\frac{m_e}{2m_\gamma} = -\frac{e^2 m_e}{2a_0^2}\frac{137 r_\gamma^2 c}{\hbar} = -\frac{e^2 m_e}{2a_0^2}\frac{137 r_e a_0 c}{\hbar} = .$$

$$= -m_e c^2 \frac{r_e}{2a_0} = -\frac{e^2}{2a_0} = -m_e c^2 /(2 \cdot 137^2) =$$
$$= -m_e e^4 / 2\hbar^2 = -13.6eV$$

где для радиуса частицы вакуума r_γ берется средняя величина между радиусом Бора a_0, и радиусом электрона r_e.

В случае мультиполя энергия с произвольным потенциалом в центрально симметричном поле, равна

$$q\varphi(R_0) = -\sum_{k=1}^{\infty} A_k \frac{e^2 l_{\gamma k}^k}{k^2 R_0^{k+1}}\frac{N_e}{2} = -\sum_{k=1}^{\infty} A_k \frac{e^2 l_{\gamma k}^k}{k^2 R_0^{k+1}}\frac{m_e}{2m_{\gamma k}}.$$

Откуда определяем коэффициент A_k. При этом одно состояние имеет потенциал, равный энергии состояния с квантовым числом k

$$E_k = q\varphi_k = -A_k \frac{e^2 l_{\gamma k}^k}{k^2 R_0^{k+1}}\frac{N_e}{2} = -A_k \frac{e^2 l_{\gamma k}^k}{k^2 a_0^{k+1}}\frac{m_e}{2m_{\gamma k}} = -A_k \frac{e^2 m_e}{2k^2 a_0^{k+1}}\frac{c^2}{e^2} r_\gamma^{k+1} = -A_k \frac{e^2}{2k^2 a_0}.$$

При этом образующая мультиполя равна

$$a_0^k = m_e \frac{c^2}{e^2} r_\gamma^{k+1}$$
$$r_{\gamma k} = (\frac{a_0^k e^2}{m_e c^2})^{\frac{1}{k+1}}.$$

Эта формула является обобщением формулы, справедливой для диполей $r_{\gamma 1} = \sqrt{a_0 r_e}$, описывающей основное состояние атома водорода. Можно предположить, что она носит общий характер, и описывает не только атом водорода.

В случае атома и ядра так как реализуется кристаллическое состояние, кинетическая энергия частиц вакуума равна нулю и остается только потенциальная энергия частиц вакуума. Кинетическая энергия элементарных частиц не равна нулю. Но она реализуется из неподвижных частиц вакуума, как образуются волны в кристаллической структуре.

Литература

1. *Якубовский Е.Г.* ЧАСТИЦЫ ВАКУУМА, ОПИСЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ПОЛЯ Реферативный журнал «Научное обозрение» 2016, т.2, стр.58-80, http://science-review.ru/abstract/pdf/2016/2/662.pdf
2. Якубовский Е.Г. Оператор рождения и уничтожения с точки зрения частиц вакуума «Энциклопедический фонд России», 2016,6стр. http://russika.ru/sa.php?s=1152
3. *Матвеев А.Н.* Молекулярная физика. М.: «Высшая школа»,1981, -400с.
4. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля т.II, М.,- «Наука», 1973,564с