Определение свойств спина элементарных частиц

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Существует точка зрения, что нельзя описать собственное значение момента инерции частицы, совпадающее со спином частицы, так как образуется скорость больше скорости света. Но при релятивистской скорости с релятивистским знаменателем частицы, это возможно. Ранее была разработана теория вращения шарика с релятивистской скоростью со спином ½. Относительная точность вычисления ½ на алгоритмическом языке Mathcad равна 10^(-14), причем значение констант квантовой механики при этом не использовалось. Удалось ее обобщить на произвольный спин (2n+1)/2, изменяя радиус частицы. При этом радиус частицы с увеличенным спином увеличится в 2n+1 раз.

Вычислим, какова скорость собственного вращения квантовой частицы и каков ее размер. Для этого подсчитаем момент инерции электрона при его волновой функции

$$\psi = \exp(-\alpha w \cdot \sqrt{x^2 + y^2}/c + iw\sqrt{x^2 + y^2}/c + iEt/\hbar) =$$
$$= \exp(-\alpha w \cdot \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\sin\theta / c + iw\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\sin\theta / c + iEt/\hbar)$$

Где параметр α определяется из численного эксперимента и оказывается равным нулю. Механический момент импульса определяет оператор спина элементарной массы для сферического объема частицы $d\hat{\mathbf{J}} = (\frac{\mathbf{w}\hat{r}^2 dm}{\sqrt{1 - \frac{w^2 r^2 \sin^2\theta}{c^2}}})$ с собственным значением $d\hat{\mathbf{J}}\psi = \frac{\mathbf{w}r^2 dm}{\sqrt{1 - \frac{w^2 r^2 \sin^2\theta}{c^2}}}\psi$.

При этом при суммировании по объему частицы, получим $\hbar\hat{s}\psi = \pm\frac{\hbar}{2}\psi$, равным $mcr = \hbar/2$, что докажем в дальнейшем, где r радиус сферической частицы. При этом при изменении направления импульса частицы спин сохраняется вдоль импульса частицы. Это свойство называется спиральностью. Оператор спина не равен $\mathbf{J} = [\mathbf{r},[\mathbf{w},\mathbf{r}]] = \mathbf{w}r^2 - \mathbf{r}(\mathbf{w},\mathbf{r})$, а предполагается $\mathbf{r}(\mathbf{w},\mathbf{r}) = 0$, что справедливо так как

$$r^2 < \mathbf{e}_l(\mathbf{w}_k,\mathbf{e}_k) >= r^2 w < \mathbf{e}_l \cos(\mathbf{w}_k \hat{,} \mathbf{e}_k) > = r^2 w < \mathbf{e}_l > const = 0 .$$

Согласно не релятивистскому свойству спина частицы проекция спина на произвольную ось имеет постоянное полу целое значение, т.е. имеем $\cos(\mathbf{w}_k \hat{,} \mathbf{e}_k) = const$, значит, усреднение второго члена векторного произведения сводится к усреднению радиуса частицы по углам и равно нулю. Когда спин на определенной оси определен и, допустим, равен $1/2$, вероятность проекции спина на расположенную под углом ось равна $w_+ = \cos^2\theta/2, w_- = \sin^2\theta/2$ см. [1], но в данном случае спин не определен.

Определим потенциал, соответствующий данной волновой функции. Для этого воспользуемся уравнением Клейна-Гордона.

$$(-i\frac{\hbar}{c}\frac{\partial}{\partial t} + \frac{e\varphi_e}{c})(-i\frac{\hbar}{c}\frac{\partial}{\partial t} + \frac{e\varphi_e}{c})\psi + \hbar^2\Delta\psi = m^2c^2\psi .$$

Подстановка волновой функции приводит к уравнению по определению потенциала и собственной энергии частицы (причем в результате вычислений получим $\alpha = 0$).

$$\begin{aligned} &\hbar^2\frac{\Delta\psi}{\psi} = \hbar^2(\frac{3iw}{cr} - \frac{w^2}{c^2}) = \\ &= m^2c^2 - \frac{(E+e\varphi_e)^2}{c^2} = m^2c^2 - \frac{(E+U)^2}{c^2} \end{aligned} .$$

Т.е. потенциальную энергию, которая определяется с точностью до начальных условий, и которая определится из уравнения $\frac{U^2+2UE}{c^2} = \frac{3iw}{cr}\hbar^2$ и собственное значение энергии $E^2 = m^2c^4 - \hbar^2w^2\alpha^2 + \hbar^2w^2$, причем в результате вычислений получено значение $\alpha = 0$, т.е. поле внутри частиц определяется из квадратного уравнения

$$U=-E+\sqrt{E^2+3i\hbar^2 wc/r}=\frac{3i\hbar^2 wc}{2Er}$$

Собственное значение энергии частицы равно $E=\sqrt{m^2c^4+\hbar^2w^2}$.

Получили мнимое значение потенциала внутри частицы при энергии равной $E=\sqrt{m^2c^4+\hbar^2w^2}, \alpha=0$. Спин электрона равен $\hbar/2$. При этом радиальная скорость среды равна нулю, частицы вакуума вращаются с угловой скоростью $w\sin\theta$ и момент импульса частицы, по доказанному выше равен $\int wr^2 dm$

$$\hbar/2=J=\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi}\int_0^{c/w}\rho r^2|\psi|^2\frac{w\cdot r^2}{\sqrt{1-\frac{w^2r^2\sin^2\theta}{c^2}}}\sin\theta dr d\theta d\varphi=$$

$$=2\pi\int_0^{\pi}\int_0^{1}\rho x^2|\psi|^2\frac{c^5}{\omega^4}\frac{x^2}{\sqrt{1-x^2\sin^2\theta}}\sin\theta dx d\theta= \qquad .$$

$$=2\pi\int_0^{1}\int_0^{\pi}\rho\cdot\frac{c^5}{w^4}\frac{x^4}{\sqrt{1-x^2\sin^2\theta}}\exp(-2\alpha x)\sin\theta d\theta dx=2\pi\rho\cdot\frac{c^5}{w^4}f(\alpha)$$

$$m=\int_0^{c/w}\rho 4\pi r^2|\psi|^2 dr=\int_0^{1}\rho 4\pi r^2\exp(-2\alpha wr/c)dr=$$

$$=4\pi\rho(w/c)^{-3}\int_0^{1}x^2\exp(-2\alpha x)dx=\delta(\alpha)4\pi\rho(w/c)^{-3}$$

Где функция $1/\sqrt{1-x^2}$ имеет интегрируемую особенность. Величины $\delta(\alpha)$, $f(\alpha)$ в случае действительного аргумента убывающие положительные функции. Подставляя вычисленную плотность электрона, получим

$$\hbar=4\pi\frac{c^5}{w^4}f(\alpha)\frac{m(w/c)^3}{4\pi\delta(\alpha)}=\frac{c^2m}{w}f(\alpha)/\delta(\alpha)$$

Получаем уравнение

$$\frac{f(\alpha)}{\delta(\alpha)}=\frac{\hbar w}{mc^2}.$$

Так как $f(\alpha)$ убывающая положительная функция положительного аргумента, а величина $\delta(\alpha)$ убывающая функция, имеется максимум отношения этих функций. Откуда определим частоту вращения электрона.

$$f(\alpha_{\max})/\delta(\alpha_{\max}) = \frac{\hbar w}{mc^2}.$$

В результате вычисления интеграла на алгоритмическом языке MathCAD получено максимальное значение при условии $\alpha_{\max} = 0$, а для отношения получено значение $\frac{\hbar w}{mc^2} = 2 \pm 10^{-14}$, т.е. энергия частицы определяется по формуле $E = mc^2 = \hbar w/2$, при размере электрона, равном

$$r_e = \frac{c}{w} = \frac{\hbar}{2mc} = 1.931 \cdot 10^{-11} cm, \quad (1.5)$$

при определении с помощью ОТО электромагнитного радиуса электрона, равного величине $r_{ge} = 2e^2/mc^2 = 5.63 \cdot 10^{-13}$. Угловая скорость собственного вращения частиц вдвое больше их комптоновской частоты.

Зная величину частоты вращения электрона, можно определить его максимальный радиус $c/w = \hbar/(2mc)$. Так как частицы рассматриваются сферическими, максимальный радиус совпадает с радиусом сферы. Справедлива формула для собственного значения оператора спина частицы $\hbar/2 = mcr$, где определен радиус частицы, равный $r = c/w$.

На алгоритмическом языке Mathcad была вычислена длина огибающей спинового вращения

$$s = \int_0^{\pi} \int_0^1 \sqrt{1 - x^2 \sin^2\theta}\, x^2 \sin\theta dx d\theta = 0.5.$$

Т.е. огибающая поворота уменьшается в два раза из-за релятивистского эффекта и в собственной системе координат, которая определяется истинные размеры и время жизни происходит сокращение размера вдвое см. [2]. Истинными размерами, являются размеры собственной системы координат, размеры в других инерциальных системах координат надо пересчитывать в единственно верные собственные размеры и время. Если бы скорость света равнялась бесконечности, то размеры вычисленные в другой инерциальной системе координат оказались бы верными. Но они бы совпали с размерами собственной системы координат. Это объясняет почему необходим угол поворота спина на 4π приводит к начальному состоянию, а поворот на 2π не приводит.

\ В случае спина электрона равного $s = \frac{2n+1}{2}$ происходит увеличение радиуса электрона на величину $1+\alpha = 2n+1, \alpha = 2n$. Радиус частицы увеличится в $2n+1$ раз.

Литература

1. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Квантовая механика Нерелятивистская теория т.III, Наука, М.,1969,768с.
2. Якубовский Е.Г. Преобразование Лоренца и время жизни организмов. «Энциклопедический фонд России», 2018, 9 стр. http://russika.ru/userfiles/390_1523189384.pdf