Дискретное время в комплексной квантовой механике

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Комплексное решение уравнений квантовой механики используется для описания потенциальной ямы. Оказалось, что закон сохранения энергии не выполняется в комплексной форме, а выполняется для действительной части энергии. При этом закон сохранения энергии выполняется в дискретные моменты времени, причем дискретны также импульс и скорость. Это говорит о том, что частицы вакуума образуют элементарные частицы в дискретные, периодические моменты времени. В случае использования трех координат, дискретные моменты времени будут не периодические. Причем это общий случай дискретных моментов времени. Все три координаты зависят от времени и не согласованы, координаты разделяются и удовлетворяют закону сохранения энергии в дискретные моменты времени. В случае квантовой электродинамики дискретен интервал, момент времени, координата, импульс и энергия. При этом происходит переход к непрерывному времени с ростом мнимой части начальных условий. Это проявилось при численном эксперименте.

Волновая функция и собственная энергия в случае потенциальной ямы имеет вид

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi n}{a} x; k = \frac{\pi n}{a}$$
$$E_n = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$$

Скорость среды или скорость элементарных частиц описывается по формуле

$$\frac{dx}{dt} = V = -i\frac{\hbar}{m}\frac{\partial \ln\psi}{\partial x} = -i\frac{\hbar}{m}\frac{\cos kx}{\sin kx}.$$

Это дифференциальное уравнение имеет решение, где мнимая часть опишет среднеквадратичное отклонение см. [1]. Причем в комплексном пространстве мнимые части будут связаны с принципом неопределенности

$$\cos kx = \exp[i\frac{\hbar k^2(t-t_0)}{m}]\cos kx_0 = \beta \qquad (1)$$

Разлагая косинус в комплексные экспоненты, и решая квадратное уравнение, получим

$$kx = -i\ln(\beta \pm i\sqrt{1-\beta^2}) = -i\ln|\beta \pm i\sqrt{1-\beta^2}| + \arg(\beta \pm i\sqrt{1-\beta^2})$$

Действительная часть кинетической энергии частиц в потенциальной яме равна

$$\begin{gathered} E_{kin} = -\frac{\hbar^2 k^2}{2m}[(\mathrm{Re}\cot kx)^2 - (\mathrm{Im}\cot kx)^2] = E_n = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} \\ d = (\mathrm{Im}\cot kx)^2 - (\mathrm{Re}\cot kx)^2 = 1 \end{gathered} \qquad (3)$$

Подставляем комплексный угол в уравнение (3) и возьмем действительную часть, решение будет дискретным периодическим. Комплексное решение не получается, оно сводится к уравнению $\exp(\pm ikx) = 0$ которое не имеет конечного комплексного решения.

Была составлена программа MATHCARD. При действительных значениях начального условия решения нет. Начальное значение kx_0 надо брать комплексное, я взял мнимую часть равной 2. Решение колеблется вокруг 1 с малым отклонением при изменении времени за период. Изменение k сказывается только на масштаб задачи. Увеличение мнимой части начальных условий приводит к классическому значению энергии, к совпадению кинетической энергии собственному значению энергии. Причем выполняется по порядку величины формула $extremum(d-1) = \frac{\pm 1}{|\cos(kx_k^0)|^2}$, т.е. при большой мнимой части начальных условий отклонение от 1 мало и почти равно по модулю, но имеет разный знак. В случае малой мнимой части у начальных условий отклонение от 1 велико $extremum(d-1) = \frac{\pm 1}{|\sin^2(kx_k^0)|}$. Формулы должны быть разного знака, для пересечения с 1. Использование второй формулы при нулевой действительной части начальных условий приводит к огромному отклонению на конечном отрезке, и его трудно реализовать, но отклонения имеют разный знак. В случае если начальные условия имеют действительную часть, и мнимая часть стремится к нулю получаются отклонения одинакового знака и дискретных значений времени нет. К сожалению выведенные формулы грубо определяют знак отклонения и нужен численный эксперимент. Но идеология ясна, нужно большое значение начальных условий для получения дискретного момента времени. И при больших мнимых частях начального условия получается классическая система с непрерывным временем.

Как показал численный расчет переход к классическому решению наблюдается при большой мнимой части начальных условий положительной или отрицательной.

В случае квантовой электродинамики дискретным является интервал, энергия и импульс. Комплексная энергия и импульс определяются из формул, где начальные условия комплексные

$$mc\frac{dx_k}{ds} = p_k = -i\hbar\frac{\partial \ln\psi}{\partial x_k}$$

$$mc^2\frac{dt}{ds} = p_0 = E/c = i\hbar\frac{\partial \ln\psi}{c\partial t}; \psi = \psi(s, t_0, x_1^0, x_2^0, x_3^0).$$

$$ct = ct(s, t_0, x_1^0, x_2^0, x_3^0); x_k = x_k(s, t_0, x_1^0, x_2^0, x_3^0);$$

Запишем закон сохранения релятивистской энергии для действительной части комплексной энергии

$$[\frac{dx_0(s,t_0,x_1^0,x_2^0,x_3^0)}{\partial s}]^2 = \frac{E_n^2}{m^2c^4} = [\frac{dx_k(s,t_0,x_1^0,x_2^0,x_3^0)}{\partial s}]^2 + 1$$

$$\frac{E_n^2}{m^2c^4} = [\frac{d\operatorname{Re} x_k(s,t_0,x_1^0,x_2^0,x_3^0)}{\partial s}]^2 - [\frac{d\operatorname{Im} x_k(s,t_0,x_1^0,x_2^0,x_3^0)}{\partial s}]^2 + 1$$

Так как связь между операторами не распространяется на функции, значит эта связь реализуется при дискретных интервалах, и, значит, дискретных импульсах, энергиях и координатах. Импульс существует одно мгновение, в момент времени жизни дискретного состояния.

Период времени между дискретными значениями времени для атома водорода определяется по формуле $\Delta\tau = \frac{m_e a_0^2}{\hbar} = 0.25 \cdot 10^{-16} s$, см. [2]. Или энергия смерти и рождения равна $E_n = m_e c^2 - \frac{\hbar^2}{2m_e a_0^2}\frac{1}{n^2} = m_e c^2 - \frac{m_e e^4}{2\hbar^2}\frac{1}{n^2}$ энергии электрона в атоме. Причем одной энергии соответствует счетное количество времен. Т.е. электрон периодически умирает, излучив энергию, и рождается вновь, получив другую энергию. Часть энергии $\frac{m_e e^4}{2\hbar^2}(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2})$ расходуется на фазовый переход или на излучение электромагнитной волны. Возможен и другой процесс получение энергии электроном, причем другой энергии соответствует другое счетное количество времен. Причем каждому уровню энергии соответствует своя частица вакуума. Уничтожение и рождение частицы связаны с переходом на другие частицы вакуума с другим рангом, причем ранг частицы вакуума соответствует главному квантовому числу. Поэтому уничтожение и рождение электрона, состоящего из разных частиц вакуума, необходимый процесс излучения и поглощения энергии.

Комплексные, дискретные импульсы создают проблему для преобразования Лоренца. Но этой проблемы пока не будем касаться.

Выводы

Для выполнения закона сохранения энергии при описании элементарных частиц в потенциальной яме удовлетворяют закону сохранения энергии только дискретные периодические моменты времени для действительной части энергии. При этом скорость тоже является дискретной. Скорость существует одно мгновение, так как координата дискретная. Использование частиц вакуума объясняет этот факт, элементарные частицы образуются из частиц вакуума и распадаются на частицы вакуума. При переходе к большой мнимой части начальных условий наблюдается равенство полной энергии системы собственной энергии. Причем это общий случай квантовой механики. Для атома водорода тоже имеется три не согласованные (каждая переменная зависит от своего произвольного начального условия) зависимости координат (радиуса и двух углов) от времени и уравнения закона сохранения энергии удовлетворяются в дискретные моменты времени. Дискретные моменты времени справедливы для систем с разделяющимися переменными у волновой функции. В случае волновой функции общего вида имеется общее свойство отдельных координат, они зависят от одной волновой функции. Закон сохранения энергии в случае одной частицы содержит три начальных условия. Закон сохранения энергии выполняется в действительной плоскости. Поэтому время действительное. Но будет ли оно дискретным? Зависимость энергии от трех произвольных комплексных начальных условий может привести к дискретному времени. Но обычный закон сохранения энергии зависит от трех начальных условий и выполняется для непрерывного времени. Но закон сохранения энергии следует из закона движения Ньютона. В случае квантовой системы закон сохранения просто записывается. Он определяется как закон сложения операторов. Операторы не определяют сложение функций. Значит, непрерывное сохранение энергии неоткуда не следует, значит этот закон справедлив только в дискретные моменты времени. Это подтверждает численный эксперимент. Причем закон сохранения энергии выполняется для действительной части энергии. В случае квантовой электродинамики дискретны интервал, координаты и время, энергия и импульс. Так как имеется аналогия с комплексным, турбулентным решением в гидродинамике с комплексным решением в квантовой механике, надо задуматься над дискретным решением в гидродинамике. Но как показал численный счет при большой мнимой части начальных условий время непрерывное. Но скачки скорости в турбулентном режиме существуют, что приводит к кавитации.

Литература

1. Якубовский Е.Г. Кинематика описания турбулентного потока с помощью комплексной скорости «Энциклопедический фонд России», 2019, 8 стр. http://www.russika.ru/userfiles/390_1628035056.pdf
2. Якубовский Е.Г. Зависимость от радиуса и углов полной энергии атома

   Globus: Технические науки Том: 7 Номер: 2 (38) Год: 2021 Стр. 21-24