

Ответ на рецензию А.А. Рухадзе по поводу статьи В.К. Неволина “Спин и пространственная локализация свободных квантовых частиц”

В.К. Неволин¹

Уважаемый Анри Амвросиевич!

Я, еще будучи студентом, изучал электродинамику плазмы по Вашей книге с В.П. Силиным “Электродинамические свойства плазмы и плазмоподобных сред”. С 1977 года в курсе теоретической физики в разделе “Электродинамика” я пользуюсь материалами Вашей книги. С тех пор испытываю неподдельный пиетет к Вам.

Многолетнее чтение лекций по квантовой механике, так или иначе, привело меня к мысли, что можно излагать менее противоречиво квантовую механику с помощью физических переменных - плотности вероятности и импульса, определив их через волновую функцию как

$$\rho(\vec{r}, t) = \Psi(\vec{r}, t) \cdot \Psi^*(\vec{r}, t)$$

$$\vec{P} = \frac{i\hbar}{2}(\Psi \nabla \Psi^* - \Psi^* \nabla \Psi)$$

Это мое хобби, начиная с 1999 года. Я полагаю, что толкование спина с разных точек зрения уместно. Наш подход подтверждает процитированную в статье общую концепцию толкования спина разными авторами, однако имеет некоторые нюансы. Подход не связан с зарядом квантовых частиц, например, с зарядом электрона и, главное, собственное вращательное движение описывается несколько иначе в представлении плотности вероятности, на что раньше не обращали внимания, решая уравнение Шредингера.

Я думаю, что против уравнения (6) и предыдущих (3) – (5) у Вас нет возражений. Тем более Вы использовали аналогичный подход при описании квантовых свойств бесстолкновительной плазмы. Решаем уравнение (6) методом разделения переменных. В уравнении (7) слагаемые перегруппированы так, что слева и в каждой скобке справа имеется сумма слагаемых, зависящих от одной переменной. Положив эти суммы константам, получаем тождественный результат. Далее решая каждое из трех уравнений, получаем описание

радиального “дрожания” квантовой частицы и “дрожание” по углам θ и φ . И главное, этот же результат можно получить, решая уравнение Шредингера

$$\Delta \Psi(r, \theta, \varphi) + \frac{2m_0^2 c^2}{\hbar^2} \Psi = 0 \quad (19)$$

Здесь в качестве энергии частицы используется выражение

$$E = m_0 c^2$$

и уравнение (19) совпадает с уравнением (17.8) книги [6], если снова вернуться к обозначению E в уравнении (19). Далее уравнение (19) решается методом разделения переменных $\Psi = \Psi_r(r) \Psi_\theta(\theta) \Psi_\varphi(\varphi)$ с единственными отличиями, решение для Ψ_φ нужно записывать в полном виде:

$$\Psi_\varphi = C(e^{is\varphi} + e^{-is\varphi}) \quad (20)$$

а не в виде $\Psi_\varphi = C e^{is\varphi}$, см. формулу (27.3) в книге [6]. В последнем случае всегда

$$\rho_\varphi = \Psi_\varphi \cdot \Psi_\varphi^* = const \quad (21)$$

Итак, решения уравнения (4) в представлении плотности вероятности и уравнения Шредингера (19) совпадают при условии написания Ψ_φ в виде (20).

В чем физическая причина различия решений? Из решения (20) следует, что нет предпочтительного направления для вращательных состояний. Иначе говоря, направление спина свободной квантовой частицы не определено. Использование решения (21) означает, что заведомо задано одно направление вращения в используемой системе координат. Решения тестовой задачи об атоме водорода в представлении плотности вероятности и сравнение этих решений с решениями уравнения Шредингера приводят к следующим результатам. Результаты совпадают для основного состояния атома водорода, и различаются для возбужденных состояний. В возбужденных состояниях структурирование плотности вероятности по углу φ в соответствии с формулой (20) приводит к различию квадрупольных моментов

¹ Национальный исследовательский университет МИЭТ, д.ф.-м.н., vk@miie.ru.

для атома водорода (Неволин В.К. Наноинженерия 2013, №2. С.46-48).

Уважаемый Анри Амвросиевич, на мой взгляд, разгромные рецензии могут быть всегда, однако в нашем случае это несправедливо.

С уважением
Неволин В.К.