

УДК 530.145.65

## НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИМПУЛЬСА И ВОЛНОВОЙ ПАКЕТ СВОБОДНОЙ ЧАСТИЦЫ

Попов И.П.

Курганский государственный университет, Россия

Показано, что прямолинейному и равномерному движению частицы либо сопоставляется монохромная волновая функция, либо удовлетворяется правило, в соответствии с которым при уменьшении массы частицы, начиная с ее значения, при котором становятся заметными квантовые эффекты, связь между фактической скоростью частицы и измеренным непрерывным спектром скоростей трансформируется из операции логического сложения в операцию логического умножения.

**Ключевые слова:** свободная частица, спектр скоростей, волновой пакет, гармоника.

1. Спектр скоростей в классической механике. Пусть сумма сил, действующих на макротело массой  $m$ , равна нулю и пусть тело движется прямолинейно и равномерно с фиксированной скоростью  $v_\phi$ . На числовой оси ее значению соответствует точка. Особенностью этого фактического точечного значения является то, что оно не может быть абсолютно точно измерено. При любой точности измерений в лучшем случае может быть установлен только интервал  $[v, v + \Delta v]$ , в котором находится  $v_\phi$ . Интервал  $[v, v + \Delta v]$  содержит *бесконечное число* значений скорости. Фактическая скорость имеет лишь *одно* из этих значений –  $v_\phi$ . Другими словами, *фактическая* скорость тела  $v_\phi$  связана с *измеренным спектром* скоростей операцией логического сложения (ИЛИ)

$$v_\phi = \bigcup_{i=1}^{\infty} v_i, \quad v_i \in [v, v + \Delta v]. \quad (1)$$

Таким образом, в физической реальности единственное значение скорости  $v_\phi$  является истинным (существующим), а все остальные значения интервала  $[v, v + \Delta v]$  – мнимыми (не существующими в действительности).

2. Спектр скоростей в квантовой механике. Исходные условия отличаются только величиной массы, которая существенно меньше, чем в классическом случае. В соответствии с принципом неопределенности Гейзенберга имеет место интервал значений импульса  $[p, p + \Delta p]$ , включающий бесконечный набор импульсов

частицы. Эти импульсы порождают набор гармоник волновой функции (в соответствии с выражением  $\mathbf{p} = \hbar\mathbf{k}$ , где  $\hbar$  – постоянная Планка,  $k$  – волновое число), образующих волновой пакет. Другими словами, феномен волнового пакета является следствием принципа неопределенности Гейзенберга.

Здесь уместно было бы задать вопрос: интервал  $[p, p + \Delta p]$  соответствует в действительности или всего лишь в сознании исследователя? Ниже будут рассмотрены оба варианта.

Волновая функция является физической реальностью, поскольку фиксируется в экспериментах по интерференции и дифракции частиц [1, 2]. Если отождествить волновую функцию с волновым пакетом и в этой связи *считать волновой пакет физической реальностью*, все компоненты (гармоники) которого одновременно существуют в действительности, то придется признать, что в физической реальности одновременно существует бесконечное множество значений импульсов из интервала  $[p, p + \Delta p]$ , порождающих эти гармоники. Интервал импульсов  $[p, p + \Delta p]$  однозначно преобразуется в интервал скоростей  $[v, v + \Delta v]$ , из чего следует, что *фактическая* скорость частицы  $v_\varphi$  связана с *измеренным спектром* скоростей операцией логического умножения (И)

$$v_\varphi = \bigcap_{i=1}^{\infty} v_i, \quad v_i \in [v, v + \Delta v]. \quad (2)$$

В отличие от классического случая все значения интервала  $[v, v + \Delta v]$  являются истинными.

3. Сближение позиций классического и квантового рассмотрения. Если в классическом случае уменьшать массу до некоторого предела, при котором рассмотрение можно еще считать классическим, а в квантовом случае увеличивать массу до предела, при котором рассмотрение можно еще считать квантовым (при условии совпадения скоростей в обоих случаях), то, во-первых, эти пределы совпадут и образуют некоторое значение  $\mu$ , а во-вторых, становится очевидным правило: *при уменьшении массы  $m$  объектов, начиная с ее значения  $\mu$ , при котором становятся заметными квантовые эффекты [3–7], связь между фактической скоростью объектов и измеренным непрерывным спектром скоростей трансформируется из операции логического сложения (ИЛИ) в операцию логического умножения (И)*

$$\mathbf{v}_\varphi = \begin{cases} \bigcup_{i=1}^{\infty} \mathbf{v}_i, & \mathbf{v}_i \in [\mathbf{v}, \mathbf{v} + \Delta\mathbf{v}], \quad m \geq \mu \\ \bigcap_{i=1}^{\infty} \mathbf{v}_i, & m < \mu. \end{cases} \quad (3)$$

4. О волновой функции. В связи с тем, что полученное выше правило представляется парадоксальным и маловероятным, на квантовом уровне может быть рассмотрена еще одна возможность. Частица движется с фиксированной (хотя и точно не известной) скоростью  $v_\varphi$ . В интервале  $[v, v + \Delta v]$  одно из бесконечного числа значений, а именно,  $v = v_\varphi$  является истинным, остальные – мнимыми (не существующими). Соответственно, в интервале  $[p, p + \Delta p]$  одно значение  $p = p_\varphi$  является истинным, остальные – мнимыми. Поэтому, в волновом пакете, соответствующем интервалу  $[p, p + \Delta p]$ , единственная гармоника  $C_\varphi e^{-i(\omega_\varphi t - \mathbf{k}_\varphi x)}$  является истинной, остальные гармоники – мнимыми. Таким образом, волновой пакет состоит из единственной реально существующей гармонике и множества мнимых, не существующих в действительности, или, другими словами, имеет место монохромная волновая функция [8–10], которая и фиксируется в вышеназванных экспериментах. При этом истинное значение импульса  $p = p_\varphi$  исследователю не известно, ему известен лишь интервал  $[p, p + \Delta p]$ . Из этого следует, что импульс  $p = p_\varphi$  существует в физической реальности, а все остальные импульсы интервала  $[p, p + \Delta p]$  существуют лишь в сознании исследователя. Соответственно, в физической реальности существует единственная гармоника  $C_\varphi e^{-i(\omega_\varphi t - \mathbf{k}_\varphi x)}$  и, следовательно, на интерференционную картину, существующую в физической реальности, оказывать влияние не могут.

5. Волновой пакет и принцип относительности. Если вернуться к возможности существования волнового пакета, то очевидно, что все его гармоники распространяются с разными скоростями, имеет место сильная дисперсия, быстрое расплывание волнового пакета. Это расплывание приводит к изменению со временем вероятности нахождения частицы в определенном координатном интервале, например, в прямолинейно и равномерно движущейся лаборатории, а, следовательно, и изменению возможности обнаружения в ней частицы. Это позволяет внутри лаборатории экспериментально установить, покоится лаборатория или движется прямолинейно и равномерно и даже оценить скорость этого движения. С течением времени в связи с

приближением плотности вероятности к нулю обнаружить какую-либо частицу в лаборатории будет практически невозможно.

Таким образом, следствием существования волнового пакета является нарушение принципа относительности, что является независимым от предыдущих рассуждений доказательством монохромности волновой функции свободной частицы.

#### **6. Результаты**

1. Фактическая скорость макротела связана с измеренным спектром скоростей операцией логического сложения (ИЛИ).

2. При условии существования волнового пакета фактическая скорость квантовой свободной частицы связана с измеренным спектром скоростей операцией логического умножения (И), в этом случае также нарушается принцип относительности.

3. В физической реальности для свободной частицы может быть поставлена в соответствие монохромная волновая функция, а не волновой пакет..

#### **Список литературы**

1. Попов И.П. Об одном соотношении скоростей // Естественные и технические науки. 2013. № 6(68).
2. Попов И.П. Оценка верхней границы вероятных значений фазовой скорости волн де Бройля // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 11(18). Ч. 1. С. 37, 38.
3. Попов И.П. Корпускулярный и волновой подходы к теории эффекта Комптона // Естественные и технические науки. 2013. № 1(63). С. 41–43.
4. Попов И.П. Квантово-волновая теория эффекта Комптона как альтернатива теории упругого рассеяния // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. Вып. 6. 2013. № 3(30). С. 48, 49.
5. Попов И.П. Электромагнитное представление квантовых величин // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. 2010. Вып. 3. №2(18). С. 59–62.
6. Попов И.П. Сопоставление квантового и макро-описания магнитного потока // Сборник научных трудов аспирантов и соискателей Курганского государственного университета. 2011. Вып. XIII. С. 26.
7. Попов И.П. Об электромагнитной системе единиц // Вестник Челябинского государственного университета. Физика. 2010. Выпуск 7. №12(193). С. 78,79.

8. Попов И.П. О влиянии инертности частицы на ее волновое представление // Вестник Забайкальского государственного университета. 2013. № 04(95). С. 90–94.
9. Попов И.П. Об одном проявлении инертности // Естественные и технические науки. 2013. № 3(65). С. 23–24.
10. Попов И.П. О волновой энергии инертной частицы // Зауральский научный вестник. 2013. № 1(3). С. 60–61.

**UNCERTAINTY IN THE MOMENTUM AND THE WAVE PACKAGE OF  
FREE PARTICLES**

Popov IP  
Kurgan State University

It is shown that the uniform rectilinear motion of a particle or a wave function generates a monochrome or satisfies the rule, according to which a decrease of the particle mass, since its value at which quantum effects become significant, the relationship between the actual velocity of the particle and the measured continuous velocity spectrum is transformed operations of logical addition to the operation of logical multiplication.

**Keywords:** *free particle velocity spectrum, the wave packet, harmonica.*

***Об авторе:***

ПОПОВ И.П. – научный сотрудник Курганского государственного университета.