Зайцев Виктор Парфириевич

Колтовой Николай Алексеевич

Плахута Владимир Васильевич

Хмельник Соломон Ицкович

Эткин Валерий Абрамович

9 781304 207265

Доклады Независимых Авторов № 62

ISSN 2225-6717
выпуск 62

Доклады Независимых Авторов

Астрономия
Физика

2024

Серия: **ФИЗИКА**

Хмельник С.И.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1493-6630

Уравнение Шрёдингера и полет электромагнитных частиц

Аннотация

Дается реальное (без вероятностей) решение уравнений Шредингера. На основе этого решения создается математическая модель частицы, как некоторой совокупности электромагнитных волн, пульсирующих в ограниченном объеме. Показывается, что такая частица движется потоком электромагнитной энергии, который беспрерывно генерируется при пульсации внутренней электромагнитной волны. При этом величины этого потока и энергии остаются постоянными во времени.

Оглавление

1. Введение

В отличие от уравнения Ньютона, из которого находится наблюдаемая траектория $r(t)$ материальной точки, из уравнения Шрёдингера находят в общем случае комплексную, т.е. ненаблюдаемую волновую функцию $\psi(r,t)$. Наблюдается только модуль этой функции. Сразу же после открытия уравнения Шрёдингера, Борн дал статистическую интерпретацию волновой функции $\psi(r,t)$. Величина $|\psi(r,t)|$- интенсивность волны интерпретируется как плотность вероятности нахождения частицы в точке r в момент времени t. Тогда волновая функция $\psi(r,t)$ – это амплитуда плотности вероятности, или просто амплитуда вероятности. Вероятность достоверного события обнаружения частицы где-либо в пространстве должна быть равна единице. Это условие - условие нормировки, является дополнительным требованием к виду волновой функции.

Такое решение вместе с интерпретацией экспериментов приводит к выводу, что $\psi(r, t)$ следует рассматривать как синтез волновых, корпускулярных и статистических представлений о микрообъекте. В результате оказывается, что для волновых функций справедлив принцип суперпозиции квантовых состояний. Он заключается в том, что, если система может пребывать в состояниях, описываемых волновыми функциями ψ_1 и ψ_2, то при любых комплексных числах b_1 и b_2, где $|b_1|^2 + |b_2|^2 = 1$, она может пребывать и в состоянии, описываемом волновой функцией

$$\psi = b_1\psi_1 + b_2\psi_2.$$

Продолжать эту историю мы не будем – это сложная история, написанная гениальными людьми, и торжествующая реальность квантовой механики. А началось все с того, что не удалось сразу найти реальное, а не комплексное уравнения Шредингера.

Надо искать реальное решение уравнения Шрёдингера. Автор не впервые ставит этот вопрос. Батанов в [1] обстоятельно рассматривает необходимость поиска другого решения и предлагает новое решение. Но ему не удалось избавится от вероятностей и в заключении он говорит: «По всей видимости, детерминизм и вероятность – это проявления единой дуальности, лежащей в основаниях этого мира».

2. Решение уравнения Шрёдингера

Уравнение Шредингера имеет вид

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\psi + U(x, y, z, t) \quad (1)$$

где $\psi = \psi(x, y, z, t)$ – волновая функция, характеризующая состояние элементарной частицы;

$U(x, y, z, t)$– потенциальная энергия элементарной частицы;

$\hbar$ – постоянная Планка;

m – масса частицы.

Мы немного изменим классический вид этого уравнения и запишем его в следующем виде

$$Z\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\psi + W\times\psi, \quad (2)$$

$$W = \frac{V}{v}S \quad (2a)$$

где S - плотность потока энергии, v - скорость продольного движения частицы, V - объем частицы.

Здесь Z может принимать два значения:

$$Z = \{1; -1\}, \tag{2в}$$

т.е. может существовать два вила модифицированных уравнений Шредингера. Мы избавились от мнимой единицы, а потенциальную энергию (столь же мнимую, как эта единица) частицы заменили на реальную энергию, представив ее в виде (2а). Произведение энергии на функцию мы заменили векторным произведением.

Мы предполагаем, что ψ – это некоторая величина (подобная, например, электрической напряженности), которая колеблется во времени и в объеме частицы. Общий поток энергии можно представить как вектор

$$S = \begin{bmatrix} S_x \\ S_y \\ S_z \end{bmatrix}. \tag{3}$$

Этот поток должен удовлетворять закону сохранения энергии для автономной частицы, т.е.

$$S_x + S_y + S_z = \text{const}. \tag{4}$$

При этом уравнение (2) можно записать в виде:

$$Z\hbar \begin{bmatrix} \frac{\partial \psi_x}{\partial t} \\ \frac{\partial \psi_y}{\partial t} \\ \frac{\partial \psi_z}{\partial t} \end{bmatrix} = -\frac{\hbar^2}{2m} \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial z^2} \\ \frac{\partial^2 \psi_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi_y}{\partial z^2} \\ \frac{\partial^2 \psi_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi_z}{\partial z^2} \end{bmatrix} + \frac{V}{v} \begin{bmatrix} S_x \\ S_y \\ S_z \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \psi_x \\ \psi_y \\ \psi_z \end{bmatrix}, \tag{5}$$

У нас получилась система уравнений (4, 5) с тремя неизвестными ψ_x, ψ_y, ψ_z. Такая система может иметь реальное решение.

Найдем векторное произведение

$$\begin{bmatrix} S_x \\ S_y \\ S_z \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \psi_x \\ \psi_y \\ \psi_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_y\psi_z - S_z\psi_y \\ S_z\psi_x - S_x\psi_z \\ S_x\psi_y - S_y\psi_x \end{bmatrix}. \tag{6}$$

Из (5, 6) находим:

$$\hbar \begin{bmatrix} \frac{\partial \psi_x}{\partial t} \\ \frac{\partial \psi_y}{\partial t} \\ \frac{\partial \psi_z}{\partial t} \end{bmatrix} = -\frac{\hbar^2}{2m} \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial z^2} \\ \frac{\partial^2 \psi_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi_y}{\partial z^2} \\ \frac{\partial^2 \psi_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi_z}{\partial z^2} \end{bmatrix} + \frac{V}{v} \begin{bmatrix} S_y\psi_z - S_z\psi_y \\ S_z\psi_x - S_x\psi_z \\ S_x\psi_y - S_y\psi_x \end{bmatrix}, \tag{7}$$

Для нахождения решения мы перейдем к цилиндрическим координатам. Тогда по аналогии с (7) получим:

$$Z\hbar\begin{bmatrix}\frac{\partial\psi_r}{\partial t}\\ \frac{\partial\psi_\varphi}{\partial t}\\ \frac{\partial\psi_z}{\partial t}\end{bmatrix}+\frac{\hbar^2}{2m}\begin{bmatrix}\left(\frac{1}{r}+r\right)\frac{\partial^2\psi_r}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2\psi_r}{\partial\phi^2}+\frac{\partial^2\psi_r}{\partial z^2}\\ \left(\frac{1}{r}+r\right)\frac{\partial^2\psi_\varphi}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2\psi_\varphi}{\partial\phi^2}+\frac{\partial^2\psi_\varphi}{\partial z^2}\\ \left(\frac{1}{r}+r\right)\frac{\partial^2\psi_z}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2\psi_z}{\partial\phi^2}+\frac{\partial^2\psi_z}{\partial z^2}\end{bmatrix}=\frac{V}{v}\begin{bmatrix}S_\varphi\psi_z-S_z\psi_\varphi\\ S_z\psi_r-S_r\psi_z\\ S_r\psi_\varphi-S_\varphi\psi_r\end{bmatrix}\quad(8)$$

Будем искать решение при условиях

$$\psi_z=0,\qquad(9а)$$

$$S_r=S_\varphi=0.\qquad(9в)$$

При этом из (4) следует:

$$S_z=\text{const}.\qquad(10)$$

Тогда из (8) получим:

$$Z\hbar\begin{bmatrix}\frac{\partial\psi_r}{\partial t}\\ \frac{\partial\psi_\varphi}{\partial t}\\ 0\end{bmatrix}+\frac{\hbar^2}{2m}\begin{bmatrix}\left(\frac{1}{r}+r\right)\frac{\partial^2\psi_r}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2\psi_r}{\partial\phi^2}+\frac{\partial^2\psi_r}{\partial z^2}\\ \left(\frac{1}{r}+r\right)\frac{\partial^2\psi_\varphi}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2\psi_\varphi}{\partial\phi^2}+\frac{\partial^2\psi_\varphi}{\partial z^2}\\ 0\end{bmatrix}=\frac{V}{v}\begin{bmatrix}-S_z\psi_\varphi\\ S_z\psi_r\\ 0\end{bmatrix}\quad(11)$$

Уравнение (11) представляет собой систему двух уравнений:

$$Z\hbar\frac{\partial\psi_r}{\partial t}+\frac{\hbar^2}{2m}\left[\left(\frac{1}{r}+r\right)\frac{\partial^2\psi_r}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2\psi_r}{\partial\phi^2}+\frac{\partial^2\psi_r}{\partial z^2}\right]+\frac{V}{v}S_z\psi_\varphi=0,\quad(12)$$

$$Z\hbar\frac{\partial\psi_\varphi}{\partial t}+\frac{\hbar^2}{2m}\left[\left(\frac{1}{r}+r\right)\frac{\partial^2\psi_\varphi}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2\psi_\varphi}{\partial\phi^2}+\frac{\partial^2\psi_\varphi}{\partial z^2}\right]-\frac{V}{v}S_z\psi_r=0.\quad(13)$$

Будем искать решение этих двух уравнений с двумя неизвестными ψ_φ, ψ_r в следующем виде:

$$\psi_r=e_r(r)\text{si},\qquad(14)$$

$$\psi_\varphi=e_\varphi(r)\text{co},\qquad(15)$$

где

$$\text{co}=\cos(\alpha\varphi+\chi z+\omega t),\qquad(16)$$

$$\text{si}=\sin(\alpha\varphi+\chi z+\omega t)\qquad(17)$$

и определены константы α,χ,ω. Здесь $e_r(r)$ и $e_\varphi(r)$ - неизвестные функции аргумента r. Из (12, 13, 14, 15) находим:

$$Z\hbar\omega e_r\text{co}+\frac{\hbar^2}{2m}\left[\left(\frac{1}{r}+r\right)\frac{\partial^2e_r}{\partial r^2}-\frac{1}{r^2}\alpha^2e_r-\chi^2e_r\right]\text{si}+\frac{V}{v}S_ze_\varphi\text{co}=0,\quad(18)$$

$$-Z\hbar\omega e_\varphi\text{si}+\frac{\hbar^2}{2m}\left[\left(\frac{1}{r}+r\right)\frac{\partial^2e_\varphi}{\partial r^2}-\frac{1}{r^2}\alpha^2e_\varphi-\chi^2e_\varphi\right]\text{co}-\frac{V}{v}S_ze_r\text{si}=0.\quad(19)$$

Видно, что два уравнения (18, 19) распадаются на 4 уравнения вида:

$$\left(\frac{1}{r}+r\right)\frac{\partial^2e_r}{\partial r^2}-\frac{1}{r^2}\alpha^2e_r-\chi^2e_r=0,\qquad(20)$$

$$Z\hbar\omega e_r + \frac{V}{v} S_z e_\varphi = 0, \tag{21}$$

$$\left(\frac{1}{r} + r\right)\frac{\partial^2 e_\varphi}{\partial r^2} - \frac{1}{r^2}\alpha^2 e_\varphi - \chi^2 e_\varphi = 0, \tag{22}$$

$$Z\hbar\omega e_\varphi + \frac{V}{v} S_z e_r = 0, \tag{23}$$

Отсюда находим:

$$e_\varphi = Ze_r, \tag{24}$$

$$\hbar\omega + \frac{V}{v} S_z = 0. \tag{25}$$

Нам остается решить уравнение (20). В приложении показано, что решение этого уравнения сводится к решению уравнения вида

$$\ddot{e}_r - \left(\frac{1}{r}\alpha^2 + r\chi^2\right) e_r = 0, \tag{26}$$

Итак, реальное решение модифицированного уравнения Шрёдингера вида (2) в цилиндрических координатах является вектором вида

$$\psi = \begin{bmatrix} \psi_r \\ \psi_\varphi \\ \psi_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_r(r)\mathrm{si} \\ e_\varphi(r)\mathrm{co} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_r(r)\mathrm{si} \\ Ze_r(r)\mathrm{co} \\ 0 \end{bmatrix}, \tag{27}$$

а поток энергии имеет постоянную величину S_z

Перейдем теперь к декартовой системе координат, где необходимо найти вектор вида

$$\psi = \begin{bmatrix} \psi_\mathrm{x} \\ \psi_y \\ \psi_z \end{bmatrix}. \tag{28}$$

В приложении 2 показано, что при известном ψ, определенное по (27), можно найти

$$\psi_\mathrm{x} = e_r \sin\big((\alpha+1)\varphi + \chi z + \omega t\big), \tag{29}$$

$$\psi_y = e_r \cos\big((\alpha-1)\varphi + \chi z + \omega t\big). \tag{30}$$

3. Электромагнитные частицы

В предыдущих работах автор показал, что частицы являются и волнами, и частицами одновременно, а не попеременно. Частица – это «волна-И-частица», а не «волна-ИЛИ-частица». Частица представляет собой некоторую совокупность электромагнитных волн и эта совокупность обладает массой. Для существования частиц не нужно чего-либо еще, кроме электромагнитных волн. В [2, 3, 4] показано, что существуют кубические, сферические, дисковые частицы. Поэтому частицы можно назвать электромагнитными. Электромагнитные волны в указанных частицах удовлетворяют уравнениям Максвелла. Далее мы рассмотрим электромагнитную частицу, в которой электромагнитные волны удовлетворяют уравнению Шрёдингера.

Выше показано, что решение уравнения Шрёдингера для частицы является волной с вектором (2.27). Можно полагать, что это вектор электрической напряженности

$$E = \begin{bmatrix} E_r \\ E_\varphi \\ E_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_r(r)\mathrm{si} \\ Z_e e_r(r)\mathrm{co} \\ 0 \end{bmatrix}, \tag{1}$$

Предположим, что в этой же частице существует еще один вектор

$$H = \begin{bmatrix} H_r \\ H_\varphi \\ H_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_r(r)\mathrm{co} \\ Z_h h_r(r)\mathrm{si} \\ 0 \end{bmatrix}, \tag{2}$$

являющийся решением еще одного уравнения Шрёдингера. Можно полагать, что это вектор магнитной напряженности. Общая для этих уравнений масса, частота, скорость и поток энергии позволяет утверждать, что мы получили волну-И-частицу, в которых электромагнитная волны удовлетворяет двум уравнения Шрёдингера. Для определений (1, 2) будем выполнять условие

$$Z_h = -Z_e, \tag{3}$$

т.е. для определения электрической и магнитной напряженностей будем применять разные уравнения Шредингера – будем называть их разнознаковыми.

Найдем плотность потока энергии частицы по уравнению Пойнтинга:

$$S = E \times H \tag{3}$$

или

$$S = \begin{bmatrix} S_r \\ S_\varphi \\ S_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_\varphi H_z - E_z H_\varphi \\ E_z H_r - E_r H_z \\ E_r H_\varphi - E_\varphi H_r \end{bmatrix}. \tag{4}$$

Совмещая эту формулу с (1, 2), находим, что

$$S_r = S_\varphi = 0. \tag{5}$$

Мы получили формулу (2.9в), справедливость которой предположили ранее. Далее находим:

$$S_z = E_r H_\varphi - E_\varphi H_r \tag{6}$$

или, с учетом (1, 2),

$$S_z = e_r \mathrm{si} Z_h h_r \mathrm{si} - Z_e e_r \mathrm{si} h_r \mathrm{si} \tag{7}$$

или, с учетом (3),

$$S_z = e_r h_r \mathrm{si}^2 + e_r h_r \mathrm{co}^2 \tag{8}$$

или

$$S_z = e_r h_r. \tag{9}$$

Мы показали, что выполняется условие (2.10), справедливость которого предположили ранее: поток электромагнитной энергии остается постоянным во времени.

$$\text{co} = \cos(\alpha\varphi + \chi z + \omega t), \tag{16}$$

$$\text{si} = \sin(\alpha\varphi + \chi z + \omega t) \tag{17}$$

Найдем еще скорость движения частицы. Очевидно, эта скорость равна производной $\frac{dz}{dt}$ от функции $z(t)$, заданной неявно в виде (2.16, 2.17). Рассмотрим, например, функцию (2.16). Имеем:

$$\frac{d(\text{co})}{dz} = \frac{d}{dz}(\cos(\alpha\varphi + \chi z + \omega t)) = -\text{si} \cdot \chi, \tag{18}$$

$$\frac{d(\text{co})}{dt} = \frac{d}{dt}(\cos(\alpha\varphi + \chi z + \omega t)) = -\text{si} \cdot \omega. \tag{19}$$

Тогда скорость распространения монохроматической электромагнитной волны

$$v = \frac{dz}{dt} = \frac{d(\text{co})}{dt} \Big/ \frac{d(\text{co})}{dz} = \frac{\omega}{\chi}. \tag{20}$$

4. Обсуждение

Мы получили математическую модель электромагнитной частицы в виде двух разнозначковых модифицированных уравнений Шредингера. – будем называть их. Можно рассматривать два физических объекта:

1. электромагнитная волна как протяженный объект, движение которого описывается уравнениями Максвелла, а скорость распространения равна скорости света;
2. электромагнитная частица, «сделанная» из электромагнитной волны, пульсирующей в ограниченном объеме, движение которой (частицы) с некоторой (произвольной) скоростью описывается двумя уравнениями Шрёдингера.

Электромагнитная частица при пульсации внутренней электромагнитной волны беспрерывно генерирует поток электромагнитной энергии, который движется как частица. При этом электромагнитная энергия частицы остается постоянной (также, как и поток энергии). Электромагнитная энергия частицы одновременно является кинетической энергией и поэтому масса частицы может быть найдена как

$$m = W/v^2 \tag{1}$$

Частица движется по инерции, обладая этой инерционной массой (с собственным безтопливным двигателем «на борту»).

Все характеристики этой самодвижущейся частицы определяются ее объемом и параметрами α, χ, ω.

Приложение 1

Преобразуем уравнение (2.20):

$$(r + r^3)\ddot{y} - (\alpha^2 + r^2\chi^2)y = 0, \tag{1}$$

$$\ddot{y} - \frac{\left(\frac{1}{r}\alpha^2 + r\chi^2\right)}{(1+r^2)}y = 0. \tag{2}$$

При малых r имеем:

$$\ddot{y} - \left(\frac{1}{r}\alpha^2 + r\chi^2\right)y = 0. \tag{3}$$

Приложение 2

Известно, что

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}, \tag{1}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg}(y/x). \tag{2}$$

При

$$e_\varphi = e_r \tag{3}$$

найдем:

$$E_x = E_r\cos(\varphi) + E_\varphi\sin(\varphi) = e_r\mathrm{si}\cdot\cos(\varphi) + e_\varphi\mathrm{co}\cdot\sin(\varphi) = e_r\left(\mathrm{si}\cdot\cos(\varphi) + \mathrm{co}\cdot\sin(\varphi)\right)$$

или

$$E_x = e_r\sin\left((\alpha+1)\varphi + \chi z + \omega t\right), \tag{4}$$

а также

$$E_y = E_r\sin(\varphi) + E_\varphi\cos(\varphi) = e_r\mathrm{si}\cdot\sin(\varphi) + e_\varphi\mathrm{co}\cdot\cos(\varphi)$$
$$e_r\left(\mathrm{si}\cdot\sin(\varphi) + \mathrm{co}\cdot\cos(\varphi)\right)$$

или

$$E_y = e_r\cos\left((\alpha-1)\varphi + \chi z + \omega t\right), \tag{5}$$

Литература

1. Батанов М.С. Вывод уравнения Шредингера для микроскопических и макроскопических систем. Евразийский Научный Журнал №12, 2015, https://journalpro.ru/articles/vyvod-uravneniya-shredingera-dlya-mikroskopicheskikh-i-makroskopicheskikh-sistem/

2. Хмельник С.И. Квантовая механика: частица – объемная стоячая волна (вторая часть) Доклады независимых авторов, ISSN 2225-6717, №51, стр. 20 , https://doi.org/10.5281/ZENODO.4072758
3. Хмельник С.И. Частица – сферическая стоячая волна, Доклады независимых авторов, ISSN 2225-6717, №62, данный выпуск.
4. Хмельник С.И. Стоячая волна и нейтрино. Доклады независимых авторов, ISSN 2225-6717, №59, стр. 146, https://doi.org/10.5281/ZENODO.10131508