

Уравнение Шредингера

Георгий П. Шпеньков

g.shpenkov@gmail.com

Аннотация. Использование постулатов при создании физических теорий широко распространено в физике. Подобный подход отражается на качестве таких теорий, которые не в состоянии объяснить многие экспериментально наблюдаемые явления. Поэтому есть смысл обратить внимание физиков на недостатки теорий, построенных на постулатах (вымыслах). Это касается, в частности, квантовой механики (КМ). Последняя построена на семи абстрактно-математических постулатах. Из них базовым является уравнение Шредингера. Недостатки КМ, вскрытые автором совместно с Л. Г. Крейдиком в процессе её анализа, опубликованы в 2001 году в книге “*Atomic structure of matter-space*” [1]. Судя по публикациям в научных журналах и широкой рекламе достижений КМ, упомянутый анализ, по-видимому, неизвестен большинству физиков. В данной статье представлены результаты анализа, относящиеся к уравнению Шредингера.

Содержание:

1. Введение
 2. Радиальное решение
 3. Волновое число k
 4. Атомные орбитали
 5. Средние значения физических величин
 6. “Вывод” уравнения
 7. Заключение
- Ссылки

1. Введение

Уравнение Шрёдингера является одним из постулатов квантовой механики. Пришло время прояснить его смысл, чтобы понять причину многочисленных противоречий и недостатков, присущих квантовой механике, базирующейся на этом уравнении, вызывающих трудности её понимания студентами. В основу данной статьи положен материал, взятый из публикаций автора по квантовой механике [1-4], касающийся анализа уравнения Шредингера и его решений.

Появилось уравнение Шрёдингера в годы буйного расцвета формализма, который был представлен, прежде всего, позитивизмом, а также махизмом, прагматизмом и другими философскими течениями, отрицающими объективный мир. Произвольные математические построения (в духе свободной игры понятиями) были характерным для физики результатом этих философских течений.

В силу этого разумная логика в подобных построениях практически отсутствовала или была незначительной. Шредингер, представитель тех лет, сконструировал свое

уравнение, в точности следуя духу упомянутых выше идеологических направлений в физике. Тем не менее, следует отдать должное Шредингеру, поскольку позитивистский стиль его не удовлетворял. Он имел склонность к реализму и сдержанно относился к новым веяниям моды. Но он находился под влиянием того времени. Математическая модель, выдвинутая Шредингером, представлена в настоящее время в виде обобщенных и расширенных уравнений, включая их релятивистский инвариант и т. д.

Со временем после публикации в 1926 году уравнение Шредингера стали считать важнейшим достижением научной мысли. Оно стало основой лекций по атомной физике в университетах. Распространено мнение, что уравнение Шредингера (с учетом его модификаций, рассматриваемых в современной КМ и квантовой электродинамике) доказало свою справедливость соответствием его решений огромному количеству экспериментальных данных и согласованностью с общефизическими представлениями.

Сейчас, в первой половине XXI века, есть смысл ещё раз взглянуть на события тех лет и дать объективную оценку прошлому.

В исходном варианте уравнение Шредингера имело следующий вид,

$$\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left(W + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \Psi = 0 \quad (1)$$

Структура уравнения (1) носит весьма искусственный характер и опирается на операторный и вариационный методы.

Волновая Ψ -функция, удовлетворяющая уравнению (1), представляется в виде

$$\Psi = R(r)\Theta(\theta)\Phi(\varphi)T(t) = \psi(r, \theta, \varphi)T(t) \quad (2)$$

где $\psi(r, \theta, \varphi) = R(r)\Theta(\theta)\Phi(\varphi)$ – пространственная составляющая волновой функции, комплексная, поскольку

$$\Phi_m(\varphi) = C_m e^{\pm im\varphi}$$

Мультипликативная форма пространственной ψ -функции позволяет разделить уравнение Шредингера (1) на уравнения радиальной, полярной и азимутальной составляющих Ψ -функции:

$$\boxed{\frac{d^2 R}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dR}{dr} + \left(\frac{2m}{\hbar^2} \left(W + \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) - \frac{l(l+1)}{r^2} \right) R = 0}, \quad (3)$$

$$\frac{d^2 \Theta_{l,m}}{d\theta^2} + ctg\theta \frac{d\Theta_{l,m}}{d\theta} + \left(l(l+1) - \frac{m^2}{\sin^2 \theta} \right) \Theta_{l,m} = 0, \quad \frac{d^2 \Phi_m}{d\varphi^2} = -m^2 \Phi_m.$$

Уравнение для временной составляющей Ψ -функции имеет вид: $\frac{d^2 T}{dt^2} = -\omega^2 T$. Его самое простое решение: $T(\omega t) = e^{\pm i\omega t}$.

Уравнения для полярной $\Theta(\theta)$, азимутальной $\Phi(\varphi)$ и временной $T(\omega t)$ составляющих были известны в теории волновых полей. Следовательно, эти уравнения не представляли ничего нового.

Единственно *радиальное* уравнение (3) было *новым*. Его решение оказалось расходящимся. Однако Е. Шредингер вместе с Г. Вейлем (1885-1955, немецкий математик), вопреки логике и всему опыту теоретической физики, искусственно обрезали расходящийся степенной ряд радиальной функции на k -м члене. Это позволило им получить радиальные «решения», которые в результате операции обрезания фактически стали *фиктивными* решениями.

Для водородоподобных атомов радиальная функция приняла следующий вид:

$$R_{\kappa,l} = N_{\kappa,l} e^{-\rho/(\kappa+l+1)} \left(\frac{2\rho}{\kappa+l+1} \right)^l L_{\kappa}^{2l+1} \left(\frac{2\rho}{\kappa+l+1} \right), \quad (4)$$

где $\rho = r/a$, $a = a_0/Z$, a_0 – Боровский радиус, $L_{\kappa}^{2l+1} \left(\frac{2\rho}{\kappa+l+1} \right)$ – полином Лагерра степени “ κ ”. При этом степень “ κ ” одновременно является параметром обрезания расходящегося ряда; и

$$N_{\kappa,l} = \frac{2}{(\kappa+l+1)^2} \sqrt{\frac{\kappa!}{(\kappa+l+2l)!}} \cdot \left(\frac{1}{a} \right)^{3/2} \quad (5)$$

– нормирующий множитель.

Так как радиальное уравнение (3) содержит энергию взаимодействия электрона с ядром, $-\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$, то естественно было ожидать, что уравнение (3) «выдаст» эту энергию в результате решения при определенных условиях. Действительно, формальное обрезание ряда приводит к дискретному ряду значений полной энергии электрона,

$$W = -\frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 a_0 (\kappa+l+1)^2} = -\frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 a_0 n^2}, \quad (6)$$

где сумма $n = \kappa + l + 1$ (равная 1, 2, 3, ...) была названа *главным квантовым* числом.

Формула (6) порождает иллюзию решения задачи. На самом деле, в строго научном смысле, здесь мы имеем дело с простой математической подгонкой к постулатам Бора.

Радиальное решение (4) для водородоподобного атома после замены $\kappa + l + 1$ на n приняло вид

$$R_{nl} = N_{nl} e^{-\rho/n} \left(\frac{2\rho}{n} \right)^l L_{n-l-1}^{2l+1} \left(\frac{2\rho}{n} \right), \quad (7)$$

где

$$N_{nl} = \frac{2}{n^2} \sqrt{\frac{(n-l-1)!}{(n+l)!}} \cdot \left(\frac{1}{a} \right)^{3/2}, \quad (8)$$

и

$$L_{n-l-1}^{2l+1} \left(\frac{2\rho}{n} \right) = \frac{1}{(n-l-1)!} e^{2\rho/n} \left(\frac{2\rho}{n} \right)^{-(2l+1)} \frac{d^{n-l-1}}{d(2\rho/n)^{n-l-1}} \left\{ e^{-2\rho/n} \left(\frac{2\rho}{n} \right)^{l+n} \right\} \quad (9)$$

Волновая функция Шрёдингера (2) с использованием принятых обозначений представляется в виде

$$\Psi = R_{nl}(r)\Theta_{lm}(\theta)\Phi_m(\varphi)T(t) = \psi_{nl}(r, \theta, \varphi)T(t), \quad (10)$$

где

$$\psi_{nl}(r, \theta, \varphi) = R_{nl}(r)\Theta_{lm}(\theta)\Phi_m(\varphi). \quad (11)$$

Начнем анализ уравнения Шрёдингера с представленного выше радиального решения.

2. Радиальное решение

Радиальное уравнение Шредингера (3) содержит только волновое число l . Число l имеет вспомогательный характер. Соответственно, радиальную функцию следует представить в виде $R_l(\rho, \kappa)$. Учитывая эти замечания, элементарную Ψ -функцию Шредингера (10) можно переписать в виде

$$\Psi_{lm,\kappa} = \psi_{lm,\kappa}(\rho, \theta, \varphi; \kappa)T(t) = R_l(\rho; \kappa)\Theta_{lm}(\theta)\Phi_m(\varphi)T(t), \quad (12)$$

где

$$\psi_{lm,\kappa}(\rho, \theta, \varphi; \kappa) = R_l(\rho; \kappa)\Theta_{lm}(\theta)\Phi_m(\varphi) \quad (13)$$

– пространственная $\psi_{lm,\kappa}$ -функция.

Согласно концепции квантовой механики экстремумы радиальных функций определяют радиусы оболочек наиболее вероятных состояний: $r = a\rho_{nl, \max i}$, где i – номер корня экстремума. Однако, в подавляющем числе случаев эти корни не равны целым числам в квадрате, т. е. $\rho_{nl, \max i} \neq n^2$ (где $n=1, 2, 3, \dots$), а значит, они отрицают условие обрезания (6). Такие корни определяют несуществующие в природе энергетические уровни:

$$W = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a\rho_{nl, \max i}}. \quad (14)$$

Покажем это.

Радиальные функции Шредингера для атома водорода определяются выражением

$$R_{n,l} = N_{n,l} e^{-\rho/(\kappa+1+l)} \left(\frac{2\rho}{\kappa+1+l} \right)^l \left(a_0 + a_1 \left(\frac{2\rho}{\kappa+1+l} \right) + \dots + a_\kappa \left(\frac{2\rho}{\kappa+1+l} \right)^\kappa \right), \quad (15)$$

где $n = \kappa + l + 1$ – главное квантовое число, a_i – постоянные коэффициенты полинома Лагерра.

Все радиальные функции s-состояний, для которых $l = 0$, имеют вид

$$R_{n,0} = N_{n,0} e^{-\rho/(\kappa+1)} \left(a_0 + a_1 \left(\frac{2\rho}{\kappa+1} \right) + \dots + a_\kappa \left(\frac{2\rho}{\kappa+1} \right)^\kappa \right). \quad (16)$$

Первый экстремум радиальных функций s-состояний приходится на начало координат и равен

$$(R_{n,0})_{\max} = a_0 N_{n,0}. \quad (17)$$

Это означает, что наиболее вероятное место локализации электрона – *центр* ядра. Неясно, как электрон проникнет в ядро, плотность которого (согласно ядерной модели) составляет около $2.5 \cdot 10^{14} \text{ г/см}^3$. Такую плотность невозможно себе представить. Скорее всего, что-то не так с ядерной моделью атома.

Таким образом, для s-состояний *плотность вероятности* оказывается максимальной в начале координат и крайне малой на орбите. Для этого электрон должен покинуть орбиту и, проникнув в ядро, оказаться в его центре. Как электрон умудрится проникнуть в ядро невообразимо огромной плотности остается загадкой.

Следовательно, основной эффект решения уравнения (15) заключается в том, что s-состояния разрушают постулат Бора об устойчивости движения электрона на орбите и показывает, что электрон, безусловно, упадет на ядро и, более того, проникнет в его центральную часть.

Простой пример. При условии $\kappa = 0$ и $l = 0$ бесконечный ряд радиальной функции обрезается на нулевом члене и радиальная функция $R_{n,l}(\rho)$ принимает вид

$$R_{1,0} = 2e^{-\rho}. \quad (18)$$

Её корень, $\rho_{1,0,\max 1} = 0$, соответствует максимуму этой функции, что приводит к бесконечному значению энергии:

$$W = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_0(0)^2} = -\infty. \quad (19)$$

Абсурд очевиден и не требует комментариев.

Для избавления от столь неприятных выводов, была придумана и введена новая волновая радиальная функция $P_{n,l} = R_{n,l}r$, откровенно говоря, в духе вольной игры понятиями. Как это было сделано? Очень просто. Действительную радиальную функцию $R_{n,l}$ произвольно умножили на радиус r . Такая математическая операция позволила «доказать» стабильность атома водорода «в полном согласии с квантовой механикой»: очевидно, что всегда при $r = 0$ $P_{n,l} = R_{n,l}r = 0$.

Другой пример. Радиальная функция $R_{3,0}$, соответствующая числам $\kappa = 2$ и $l = 0$ ($n = \kappa + l + 1 = 3$), равна

$$R_{3,0} = \frac{2}{81\sqrt{3}} e^{-\rho/3} (27 - 18\rho + 2\rho^2). \quad (20)$$

Одномерный (a) и двумерный (b) графики изменения радиальной составляющей плотности вероятности $R_{3,0}^2$, в зависимости от $\rho = kr$, представлены на рис. 1.

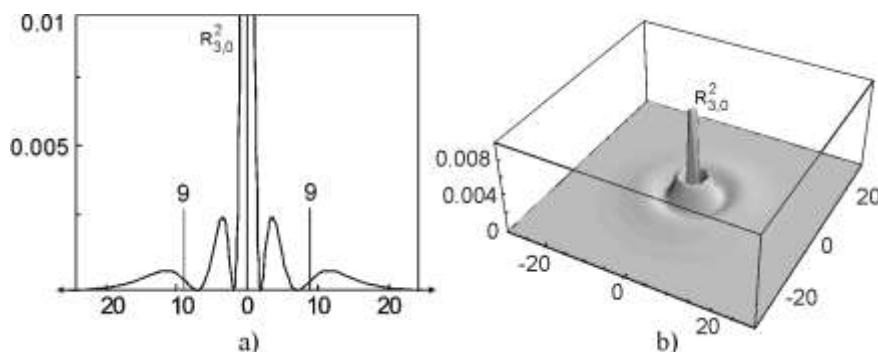


Рис. 1. Плотность гипотетической вероятности s-состояния, $R_{3,0}^2$, для Ψ -функции Шрёдингера с параметрами, $n = 3$ и $l = 0$.

Радиальная функция в квадрате $R_{3,0}^2$ имеет максимум в начале координат. Имеются также два меньших максимума, определяющие две оболочки наиболее вероятной локализации электрона (если строго следовать КМ-интерпретации Ψ -функции). А именно, экстремумы радиальной функции (20) имеют следующие значения:

$$\rho_{3,0,\max 1} = 0, \quad \rho_{3,0,\max 2} = 3.531370333, \quad \rho_{3,0,\max 3} = 11.46862697$$

Однако, согласно условию обрезания, только значение $\rho = 3^2 = 9$ определяет стационарную оболочку электрона, соответствующую этой функции. Две вертикальные линии на рис. 1a указывают её местоположение на расстоянии $\rho = 9$ от начала координат. Как видим, среди экстремумов $R_{3,0}^2$ максимум (оболочка) с таким радиусом отсутствует. Неудивительно, что радиальная функция $R_{3,0}$ оказывается

«невеждой». Она «не знает», что представляет собой приведенную функцию (полученную в результате операции обрезания) и, следовательно, не может ничего реального представлять, в том числе «наиболее вероятную локализацию электрона».

Таким образом, согласно условию (6) энергетические уровни (состояния) (14) не должны существовать. Если предположить, что они всё-таки существуют, то эти уровни должны формально преобразовать радиальную функцию в расходящийся функциональный ряд, поскольку уравнение (14), где $\rho \neq n^2$ ($n = 1, 2, 3, \dots$), не удовлетворяет условию обрезания (6), где $\rho = n^2$. Такая нелепость возникла из-за искусственного обрезания степенного ряда.

Квантовые числа уравнения Шредингера обычно сравнивают с квантовыми числами обобщенной теории атома водорода Бора-Зоммерфельда. Между 1913 - 1926 годами в умах укоренилась теория Бора-Зоммерфельда; в результате внешнее сходство её квантовых чисел было безосновательно использовано в КМ.

В качестве аналога азимутального числа m было принято магнитное число m теории Бора-Зоммерфельда. Число l играет роль азимутального числа n_ϕ , которое определяет (наряду с главным квантовым числом n) меньшую полуось эллиптической орбиты $b = a_0 m n_\phi$ электрона. Большая полуось орбиты a , определяющая полную энергию электрона на орбите, в теории Бора-Зоммерфельда зависит только от главного квантового числа n : $a = a_0 n^2$. Такое формальное сопоставление должно означать, что волновая функция в уравнении Шрёдингера (1) содержит эллиптические орбиты в виде «электронных облаков».

Все эти представления – плод фантазии. На самом деле уравнение Шрёдингера описывает только круговые орбиты, а не мистические облака-орбитали, что убедительно показано в работе [2]. Если предположить, что движение электрона может быть эллиптическим, то такие орбиты должны пронизывать оболочки стационарных состояний. Соответственно, когда электрон удаляется от Н-атома, двигаясь по стационарной эллиптической орбите, он должен поглощать энергию, при переходе с одной оболочки на другую, а при приближении к Н-атому он должен излучать энергию той же величины. Энергетические переходы внутри орбиты будут определяться иррациональными числами, чего в действительности не наблюдается. Кроме того, такие странные орбиты нельзя считать стационарными.

3. Волновое число k

Можно предположить, что на начальном этапе своей работы Шрёдингер, конечно, не мог обойтись без использования обыкновенного волнового уравнения, описывающего произвольные периодические процессы, протекающие в пространстве и времени:

$$\Delta\Psi - \frac{1}{v_0^2} \frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2} = 0 \quad (21)$$

Представив Ψ -функцию в виде $\Psi = \psi(x, y, z)e^{i\omega t}$, где $\psi(x, y, z)$ – ее амплитуда (в общем случае комплексная величина), получим

$$\Delta\Psi = \frac{1}{v_0^2} \frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2} = -\frac{\omega^2}{v_0^2} \Psi = -k^2\Psi .$$

Следовательно, волновое уравнение (21) можно представить также в виде

$$\Delta\Psi + k^2\Psi = 0, \quad (22)$$

где $k = \omega / v_0 = 2\pi / \lambda = 1 / \tilde{\lambda}$ – волновое число поля.

Сравнивая уравнения (22) и (1), находим чему равно волновое число k в волновом уравнении (1) Шредингера,

$$k = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} \left(W + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right)}. \quad (23)$$

Это означает, что волновое число k (входящее в уравнение Шредингера (1)) является непрерывно изменяющейся в радиальном направлении величиной, функцией расстояния r , $f = k(r)$. Можно ли изобразить поле, в котором волновое число k и, соответственно, частота ω меняются от одной точки к другой в пространстве поля? Конечно, невозможно. Такие волновые объекты не существуют в природе.

Волновое число k является постоянным параметром волновых объектов. Лишь в зависимости от граничных условий оно может принимать определенный ряд дискретных значений. Согласно условию обрезания (6), $W = -Ze^2 / 8\pi\epsilon_0 a_0 n^2$, волновое число (23) определяется следующей формулой,

$$k = e \sqrt{\frac{m}{2\pi\epsilon_0 \hbar^2} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{2an^2} \right)}. \quad (24)$$

Отсюда следует, что волновое число k является действительным числом только при условии $r < 2an^2$. Поэтому следует упомянуть о предельной сфере волновых процессов в атоме. Радиус данной сферы равен удвоенному радиусу n -й боровской орбиты (орбитали),

$$r_{\max} = 2r_n = 2an^2. \quad (25)$$

Согласно (24), в пределах сферы, период колебаний (но не амплитуда) изменяется в волне настолько быстро, что уже при расстоянии от ядра, равном диаметру n -й Боровской орбиты (поскольку $k=2\pi/\lambda$ становится равным нулю), длина волны увеличиваясь становится равной бесконечности, а частота равной нулю (рис. 2).

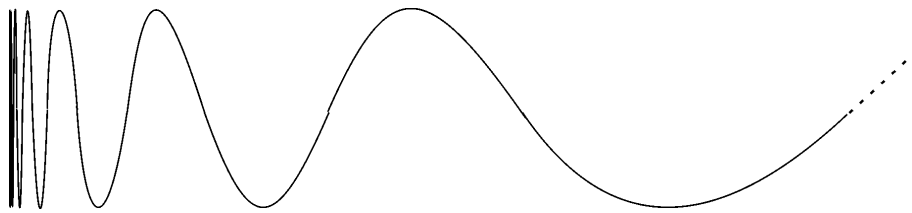


Рис. 2. Волновой процесс внутри атома, согласно уравнению Шредингера, в котором (в отличие от стандартного волнового уравнения) волновое число k представлено выражением, зависящим от расстояния r от «ядра» атома.

Волновые процессы, где резкое затухание колебаний не связано с уменьшением амплитуды колебаний, а связано с непрерывным изменением периода колебаний в одной и той же волне, не существуют. В природе наблюдаются лишь относительно незначительные изменения длины волны (частоты) волнового луча при его распространении на больших расстояниях, и обусловлены они известными эффектами, такими как доплеровское смещение, космологическое красное смещение, и т. д. и т. п.

В случае, когда волновое число k принимает мнимые значения, поле не будет волновым и водородоподобные атомы будут окружены за пределами своих сфер радиуса r_{\max} полем аperiодической структуры. Однако это полностью противоречит

действительности. Таким образом, предельная сфера ограничивается атомом Шрёдингера. За пределами сферы невозможно говорить о строении и волновых свойствах атома.

Волновое движение есть коллективный процесс переноса возбуждения в пространстве от одной частицы к другой по цепочке и он совершенно не зависит от того, что делается внутри каждой индивидуальной частички в этой цепочке.

Шрёдингер безосновательно объединил два разноуровневых не связанных между собой процесса (явления) в одном уравнении. Он искажил волновое уравнение и, естественно, сделал, таким образом, невозможным его решение без, как оказалось, вынужденных подтасовок (как, например, это было сделано в случае радиальных решений, рассмотренных выше).

С тех пор искаженное волновое уравнение, названное уравнением Шрёдингера, стало называться основным постулатом квантовой механики – нового научного направления, появившегося таким путем на свет в физике.

В связи со следующим постулатом о том, что в КМ любой физической величине сопоставляется линейный самосопряженный оператор, появились квантово-механические операторы, и само уравнение Шрёдингера стало представляться (по форме) в операторном виде, и т. д. Однако, полная абстрактизация теоретических представлений в КМ не повлияла на ещё один важный результат «решений», выраженный в появлении так называемых «атомных орбиталей».

4. Атомные орбитали

Итак, следующей принципиальной ошибкой при создании КМ было и до сих пор остается отождествление сферических гармоник – полярно-азимутальных функций решений стационарного волнового уравнения (а точнее, его полярно-азимутальной составляющей) – с так называемыми «электронными орбиталями» («облаками»).

Подобное безосновательное отождествление связано с незнанием реального смысла этих математических функций. В действительности сферические функции (гармоники) решения волнового уравнения, до сих пор рассматриваемые физиками как «реальные» и «мнимые», являясь обе по существу реальными, указывают на угловые (полярно-азимутальные) координаты узлов и, соответственно, координаты пучностей стоячих волн, образованных в трехмерном сферическом поле-пространстве вследствие интерференции (суперпозиции) волн.

Для понимания этого физикам нужно просто внимательно посмотреть справочники по математике и разобраться с готовыми решениями волнового уравнения, которые были хорошо известны и во времена Шрёдингера. Таким образом, никакого отношения к «электронным облакам» полярно-азимутальные функции (сферические гармоники) не имеют.

В свете выяснения природы полярно-азимутальных функций полнейшим абсурдом выглядит последующая так называемая «гибридизация» полученных «атомных орбиталей» – математическое смешение «действительных» и «мнимых» составляющих полярно-азимутальных функций; т. е. по сути дела смешивание угловых координат узлов и угловых координат пучностей стоячих волн [4].

Полученные таким путем гибридные полярно-азимутальные функции, «атомные и гибридные атомные орбитали» ($s, p_x, p_y, p_z, d_{xy}, d_{x^2-y^2}, d_{xz}, d_{yz}, d_{z^2}, \dots$), назвали «электронной конфигурацией атомов». Но чисто математическое смешивание не имеет

физического смысла. Нельзя просто так взять и смешивать то что не смешиваемо физически, принципиально, по своей природе.

Ну, например, абсурдно представить себе смешивание двух энергий, потенциальной и кинетической, или электрического поля с магнитным. Получим ли мы неизвестные нам новую энергию и новое поле в результате такого смешивания? Абсурдность такого вопроса очевидна. Мы видим, что физиками с помощью квантовой механики и квантовой электродинамики в действительности построен несуществующий иллюзорный мир.

5. Средние значения физических величин

В свете рассмотренных выше особенностей волнового процесса в атоме, обнаруженных при анализе «решений» уравнения Шредингера, следует, что нормирующие множители радиальных функций носят условный характер, поскольку определяются интегралами с верхним пределом интегрирования, равным бесконечности, а не предельному радиусу (25). Эти замечания справедливы и для формул средних величин, как, например, среднего значения обратных расстояний, определяемого интегралом

$$\left\langle \frac{1}{r} \right\rangle = \int_0^{\infty} R_{nl}^2 r dr = \left(\frac{Z}{a_0} \right) \frac{1}{n^2} \quad (26)$$

Это выражение ошибочно еще и по другой причине. По сути, радиальные функции определяют оболочки наиболее вероятных значений радиусов в соответствии с КМ-интерпретацией волновой функции. Эти радиусы образуют дискретный ряд, который не подлежит усреднению, так как невозможно усреднить обратный ряд расстояний.

Действительно, предположим, что нам нужно узнать среднюю длину волны спектра атома водорода, например, серии Бальмера. Конечно, мы можем ее вычислить, но это бессмысленная операция, поскольку такой усредненной волны не существует в природе.

Несмотря на все подгонки, средний радиус орбиты электрона, равный

$$\langle r \rangle = \int_0^{\infty} R_{n,l}^2 r^3 dr = a \frac{3n^2 - l(l+1)}{2}, \quad (27)$$

не пропорционален n^2 . Более того, радиальные сферы определяют орбиты наиболее вероятных состояний. Поэтому радиусы стационарных электронных орбит постоянны внутри соответствующих сфер. Таким образом, усреднение (27) не имеет смысла.

6. “Вывод” уравнения

Обратимся снова к уравнению Шредингера, основного уравнения КМ (1). Уравнение Шредингера не выводится, является постулатом. Было сконструировано им под влиянием идей де Бройля о волновой природе микрочастиц. Попробуем придти к данному уравнению, осуществить всё-таки его “вывод”, используя операторный и вариационный методы, полагая, что таким путём мог действовать и Шредингер, и показать принципиальную ошибку, допускаемую при этом.

Любой материальный объект характеризуется кинетической и потенциальной энергиями, определяющими его полную энергию.

$$E = \frac{p^2}{2m} + U. \quad (28)$$

Введем скалярную безразмерную Ψ -функцию, комплексную в общем случае; градиент ее поля – это импульс микрочастицы, определяемый уравнением

$$\mathbf{p} = i\hbar \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \mathbf{e}_x + \frac{\partial \Psi}{\partial y} \mathbf{e}_y + \frac{\partial \Psi}{\partial z} \mathbf{e}_z \right) = i\hbar \nabla \Psi, \quad (29)$$

где \hbar – элементарное действие, параметр, необходимый для реализации равенства размерностей левой и правой частей уравнения (29); i — мнимая единица.

Поскольку в общем случае Ψ -функция является комплексной, компоненты импульса в общем случае также являются комплексными. Однако их действительные части (по определению) представляют собой обычные проекции импульса на оси координат.

Таким образом, действительная часть комплексного импульса определяет импульс микрочастицы.

$$\mathbf{p} = \text{Re}(i\hbar \nabla \Psi). \quad (30)$$

Опираясь на выражение (29), можно представить энергию (28) следующим образом

$$E = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \Psi + U,$$

или

$$E = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + U. \quad (31)$$

Введем теперь операторы полной и потенциальной энергий, \hat{H} и \hat{U} , согласно следующим выражениям:

$$E = \hat{H}\Psi, \quad U = \hat{U}\Psi. \quad (32)$$

Заменяя E и U в уравнение (31) их операторными выражениями (32), будем иметь

$$\hat{H}\Psi = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + \hat{U}\Psi. \quad (33)$$

или

$$\Delta \Psi + \frac{2m}{\hbar^2} (\hat{H} - \hat{U})\Psi = 0. \quad (34)$$

В случае водородоподобных атомов ищем поле такой Ψ -функции, для которой должны существовать следующие равенства:

$$\hat{H} = W, \quad \hat{U} = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}. \quad (35)$$

В результате, если принять $Z=1$, мы придем (как предполагал Шрёдингер) к волновому уравнению для электрона в атоме водорода (1).

Принимая во внимание выражение (23), приходим к уравнению $\Delta \Psi + k^2 \Psi = 0$ (22).

Где была совершена принципиальная ошибка в приведенном выше выводе уравнения (1)?

Как известно, любое волновое уравнение является уравнением *массовых* процессов. Оно описывает результат взаимодействия частиц и субчастиц в пространстве, в результате которого возникают волны. Волновые *массовые* процессы представляют

собой кинематический уровень движения, или уровень надстройки, ниже которого находится уровень взаимодействия, или уровень базиса. Вследствие этого уравнение Шрёдингера в принципе не может описывать движение отдельной частицы, в данном случае электрона.

Однако, несмотря на это, физики необоснованно приписали уравнению Шредингера несуществующую способность (неестественную для волновых уравнений в принципе). Они предположили, что данное уравнение должно описывать движение единственного электрона в атоме водорода. Это было грубейшей ошибкой.

Введение в кинематические волновые уравнения потенциалов или потенциальных энергий взаимодействий *внутри атомов* означает непонимание существенных различий между динамическим базисом волны, т. е. между уровнем внутриатомных взаимодействий, и вышележащим уровнем надстройки волны, т. е. уровнем упорядоченного кинематического движения множества частиц как целых микрообъектов.

Таким образом, расходимость степенного ряда радиальной функции в уравнении Шрёдингера и другие рассмотренные выше негативные следствия являются результатом необоснованного (ошибочного) смешивания кинематического и динамического уровней движения, которые формально (неверно по сути) были объединены вместе в уравнении Шредингера.

6. Заключение

Как видим, многочисленные противоречия и ошибки абстрактной математической модели, выдвинутой Шредингером, присущие КМ, не выдерживают критики.

Однако, опираясь на постулат о невозможности представить четкую пространственную структуру микрообъектов на атомном и субатомном уровнях, теоретики КМ продолжают развивать эту модель. Такой статус-кво существует, возможно, из-за того, что все недостатки КМ, в том числе, рассмотренные здесь, пока неизвестны большинству физиков.

На современном этапе развития науки, в частности атомной физики и атомных технологий, возрастает определенная опасность дальнейшего существования КМ в науке, поскольку теория в высшей степени искаженно описывает мир.

Это особенно актуально, поскольку на протяжении многих десятилетий в сознании людей пропагандировалось и укреплялось мнение, согласно которому КМ прекрасно описывает микромир.

При этом идеологи теории КМ игнорируют тот факт, что соответствие любой теории эксперименту совсем не означает, что данная теория верна и единственно возможна. Более того, возможности современной математики настолько впечатляющи, что она может представить любую абстрактную нелепость как глубокую теорию (или её развитие) и подогнать её данные к эксперименту.

Технология имеет дело с реальными материальными объектами и мы живем в реальном мире. Соответственно, наши знания о природе также должны быть конкретными и, насколько это возможно, верно отражать действительность.

В частности, развитие нанотехнологий, где размеры устройств стремятся к величинам, сравнимым с размерами атомов, требует знания пространственной структуры атомов как можно более близкого к истинному. Однако это не является целью современной физики из-за доминирования абстрактно-математической КМ, построенной на постулатах.

К настоящему времени КМ полностью разработана и представлена в виде обобщенных и расширенных уравнений, включая их релятивистский инвариант и т. д. Фактически, в результате усилий нескольких поколений физиков построена феноменологическая теория с определенным соответствием ее эксперименту.

Вместе с тем, кардинальные ошибки превратили КМ, базирующуюся на уравнении Шредингера, в великую карикатуру на мир реальных волновых процессов. КМ, *будучи абстрактно-математической* теорией, настолько существенно исказила реальную картину микромира, что стала миром теоретических монстров и квантового хаоса, но не миром реальных образов. В то же время широкая реклама КМ создала иллюзию, будто человечество имеет дело с выдающейся теорией в физике – науке о природе (естествознании).

Итак, основное уравнение КМ, уравнение Шредингера, а следовательно, и другие уравнения, созданные в развитии этого уравнения (на его основе), ложны. Они имеют значение только с точки зрения истории философских и логических заблуждений прошлого.

Ссылки

[1] L. Kreidik and G. Shpenkov, *Atomic Structure of Matter-Space*, Geo. S., Bydgoszcz, 2001, 584 p.; Chapter 3 *An analysis of the basic concepts of quantum mechanics and new (dialectical) solutions for the field of a string and H-atom*, 119-186 p.;

[https://shpenkov.com/pdf/Chapter.03\(119-186\).pdf](https://shpenkov.com/pdf/Chapter.03(119-186).pdf)

[2] L. Kreidik and G. Shpenkov, *Important Results of Analyzing Foundations of Quantum Mechanics*, Galilean Electrodynamics & QED-East, Special Issues 2, **13**, 23-30, (2002);

<http://shpenkov.com/pdf/QM-Analysis.pdf>

[3] G. P. Shpenkov and L. G. Kreidik, *Schrodinger's Errors of Principle*, GALILEAN ELECTRODYNAMICS, Vol. 16, No. 3, 51 - 56, (2005);

<http://shpenkov.com/pdf/Blunders.pdf>

[4] G. P. Shpenkov, *Conceptual Unfoundedness of Hybridization and the Nature of the Spherical Harmonics*, HADRONIC JOURNAL, Vol. 29. No. 4, p. 455, (2006);

<http://shpenkov.com/pdf/HybridizationShpenkov.pdf>

[5] Георгий П. Шпеньков, *Строение атомов*, 01.01.2023;

<https://www.youtube.com/watch?v=Cumjktek4LQ>

<https://shpenkov.com/pdf/Atoms.pdf>

Георгий. П. Шпеньков
29.09.2023, Bielsko-Biala

<https://shpenkov.com/pdf/Shredinger.pdf>