

29.09.2023

Уравнение Шрёдингера

Георгий П. Шпеньков

g.shpenkov@gmail.com

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

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 данном видеоролике 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 данного видеоролика 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 Шрёдингера 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 Шрёдингера (1) на уравнения радиальной, полярной и азимутальной составляющих Ψ -функции:

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

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

$$\frac{d^2 \Phi_m}{d\varphi^2} = -m^2 \Phi_m$$

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:

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

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

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

– 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,

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

где сумма $n = k+l+1$ (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 $k+l+1$ 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 Шредингера с представленного выше радиального решения.

2. Радиальное решение

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

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

где

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

– пространственная $\psi_{lm,k}$ -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 $2.5 \cdot 10^{14} \text{ g / cm}^3$. 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 $k = 0$ и $l = 0$ бесконечный ряд радиальной функции обрывается на *нулевом* члене и радиальная функция $R_{n,l}(\rho)$ принимает вид

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

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 $\rho = \kappa r$, представлены на рис. 1.

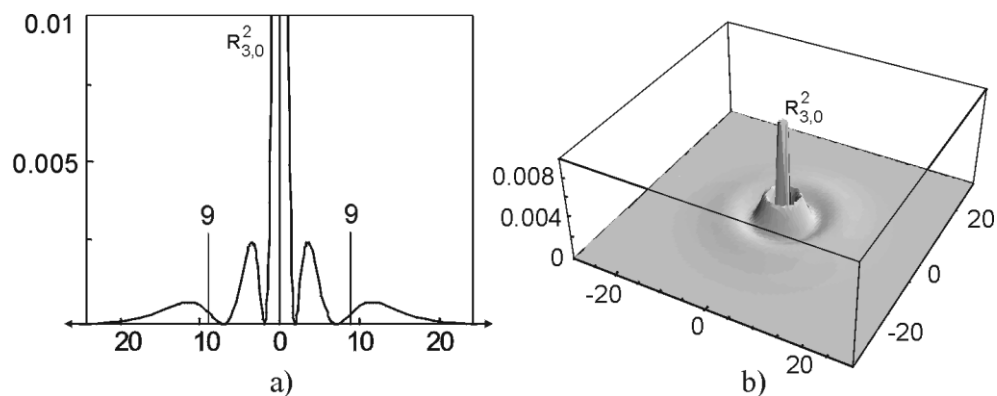


Рис. 1. Плотность гипотетической вероятности s-состояния, $R_{3,0}^2$, для Ψ -функции Шрёдингера с параметрами $n = 3$ и $l = 0$.

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. 1а указывают её местоположение на расстоянии $\rho = 9$ от начала координат.

Как видим, среди экстремумов 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 t было принято *магнитное* число t теории Бора-Зоммерфельда. Число l играет роль *азимутального* числа n_ϕ , которое определяет (наряду с главным квантовым числом n) меньшую полуось $b = a_0 n n_\phi$ эллиптической орбиты 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:

$$\Delta\Psi - \frac{1}{\upsilon_0^2} \frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2} = 0 \quad (21)$$

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

$$\Delta\Psi = \frac{1}{\upsilon_0^2} \frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2} = -\frac{\omega^2}{\upsilon_0^2} \Psi = -k^2\Psi$$

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

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

где $k = \omega / \upsilon_0 = 2\pi / \lambda = 1 / \tilde{\lambda}$ – 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 Шрёдингера (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), $W = -\frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 a_0 n^2}$, 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).

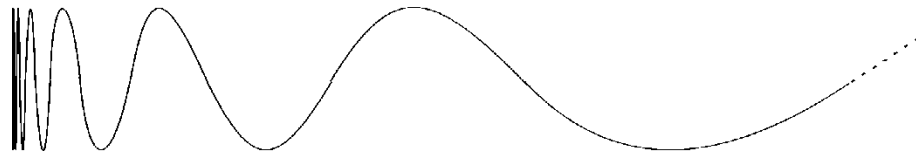


Рис. 2. Волновой процесс внутри атома, согласно уравнению Шредингера, в котором (в отличие от стандартного волнового уравнения) волновое число k представлено выражением, зависящим от расстояния r от «ядра» атома.

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 аperiodической 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.

Шредингер 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 это было сделано, например, в случае радиальных решений, рассмотренных выше).

С тех пор *искаженное* волновое уравнение, названное уравнением Шредингера, 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 Шредингера 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 Шредингера. 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», $s, p_x, p_y, p_z, d_{xy}, d_{x^2-y^2}, d_{xz}, d_{yz}, d_{z^2}, \dots$, называли «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

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

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:

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

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 (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 *настройки*, 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 Шрёдингера 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 *настройки* 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 Шрёдингера.

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 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 создана *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 Шрёдингера, а следовательно, и ряд других уравнений, созданных 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=Cumjdtek4LQ>
<https://shpenkov.com/pdf/Atoms.pdf>

Георгий П. ШпЕНЬКОВ
29.09.2023
Bielsko-Biała

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