

УДК 371.01

**ОСОБЕННОСТИ ИЗЛОЖЕНИЯ ОСНОВ И ТОЧНОСТИ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МИКРОМИРА****Абекова Ж.А., Оралбаев А.Б., Ермаханов М.Н., Орманова А.А.***Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, e-mail: abekova68@mail.ru*

Внедрение компетентностно-ориентированного обучения в подготовке бакалавров по специальности «Физика» требует глубокого знания по специальным предметам, формирования у будущих специалистов педагогического направления фундаментального знания при решении задач квантовой механики. В этой статье показана высокая степень основ и точности квантовой механики при решении задач микромира.

**Ключевые слова:** неопределенность Гейзенберга, волновая функция, уравнение Шредингера, потенциальный барьер, микрочастица

**FEATURES PRESENTATION OF THE FUNDAMENTALS, AND ACCURACY OF QUANTUM MECHANICS IN SOLVING PROBLEMS MICROCOSM****Abekova Z.A., Oralbaev A.B., Ermahanov M.N., Ormanova A.A.***South Kazakhstan State University by named M. Auyezov, Shymkent, e-mail: abekova68@mail.ru*

Introduction of competence-based learning in the preparation of bachelors on a specialty «Physics» requires a deep knowledge of the special subjects, the formation of the future specialists pedagogical direction of fundamental knowledge in solving problems of quantum mechanics. This article shows a high degree of accuracy and the foundations of quantum mechanics to solve problems of the microcosm.

**Keywords:** uncertainty of Heisenberg, the wave function, the Schrödinger equation, the potential barrier, the microparticle

Известно, что при изложении основных закономерностей квантовой механики, математического аппарата микромира, соотношении неопределенностей Гейзенберга, волновых функций, вероятности нахождения микрочастицы у студентов ВУЗа возникают определенные трудности с освоением новых материалов по квантовой механике. В первую очередь возникнуть сомнения относительно точности определения координат микрочастицы. Во-первых попробуем разобраться с понятием микрочастицы, что означает само слово микрочастица. При вводной лекции по квантовой механике по аналогии с оптикой, где свет имеет двойственную природу, корпускулярно-волновой дуализм света, эта двойственная природа света переносится также на любую частицу в микромире. Например рассмотрим электрон, что он собой представляет, эта частица или волна? При таком вопросе студент не знакомый с квантовой теорией затрудняется ответить точно, в принципе в квантовой механике на этот вопрос ответ будет следующий: электрон- это микрочастица со специфическими свойствами, в одних явлениях он демонстрирует корпускулярные свойства, а в других явлениях он демонстрирует волновые свойства. Вот это точное определение свойственное квантовой теории! Значит двойственную природу света можно смело переносить и на любую частицу в микромире, т.е. на микрочастицу.

Дифракционную картину на экране можно наблюдать не только от естественно-

го света но и от отдельных частиц, например от электронов, протонов и т.д. Отсюда сразу становится ясно, что каждая микрочастица также обладает корпускулярно-волновыми свойствами как и свет.

Теперь попробуем разобраться с точностью определения координаты и вероятностью нахождения микрочастицы в определенной области микромира. Здесь мы должны непременно объяснить студентам, что в микромире встречаются такие явления, которые не имеют аналогов в классической механике, например явления туннельного эффекта, т.е эффект просачивания электронов через потенциальный барьер. Суть туннельного эффекта заключается в том, что микрочастица летящая с определенной скоростью, с определенной энергией  $E$  к потенциальному барьеру с энергией  $U$ , при случае когда энергия микрочастицы меньше высоты потенциального барьера она имеет вероятность прохождения через потенциальный барьер, когда энергия микрочастицы больше высоты потенциального барьера, она может и отскочить от потенциального барьера в обратную сторону.

Вот это явление никак не укладывается в теорию обычной классической механики, поэтому мы говорим, что оно не имеет классического аналога, в целом в квантовой механике имеются и другие явления которые не могут быть объяснены с точки зрения классической теории.

Теперь рассмотрим координату электрона например, в классической механике

мы сможем точно указать координату и импульс электрона, а в квантовой теории они задаются с определенной вероятностью, согласно соотношению неопределенностей Гейзенберга, т.е.

$$\Delta X \cdot \Delta p_x \geq h; \hbar = \frac{h}{2\pi};$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \times \text{с},$$

Чем точнее мы хотим определить координату частицы, тем больше мы ошибаемся в определении импульса частицы, и наоборот, чем точнее мы хотим определить импульс частицы, тем больше мы ошибаемся в определении координаты частицы. Вот эти параметры: координата и импульс определяются с точностью до постоянной Планка, а это означает тридцать четыре нуля после запятой, более точно определить эти параметры не возможно, это заложено самой природой микрочастиц! Имеется еще и другое соотношение неопределенностей Гейзенберга, аналогичное для энергии и времени, здесь точность определения такое же как в вышеуказанном случае.

$$\Delta x \cdot \Delta P = 2\pi\hbar$$

$$\Delta t \Delta E = 2\pi\hbar$$

Вот здесь мы должны детально объяснить физическую природу определения параметров электрона, во-первых, естественно точность определения параметров не может быть бесконечной, об этом мы говорили когда сказали про постоянную Планка. Во-вторых, определение любых параметров измеряется с помощью приборов, эти приборы тоже состоят из атомов, электронов, протонов, нейтронов, других частиц, а соотношение неопределенностей Гейзенберга заложено в самой природе этих частиц!

Значит квантовая механика, в отличие от классической механики в определении параметров микрочастицы пошла еще дальше, еще глубже она установила причинно-следственную связь, выяснила глубокий философский смысл физической природы микрочастиц, если соотношение неопределенностей Гейзенберга в классической физике приводится как интуитивно полученное выражение, а в квантовой теории оно теоретически получается из законов микромира сложными математическими преобразованиями. В данной статье доказательства соотношения неопределенностей Гейзенберга не ставилась нам самоцелью, она имеется во многих литературах по квантовой механике [1–3].

Теперь попытаемся разобраться определением вероятности нахождения микрочастицы в заданном объеме. В микромире квантовая частица может находиться в определенном объеме, в момент времени  $t$ , вокруг радиуса вектора  $rs$  равной вероятностью в любой точке пространства. Вероятность нахождения микрочастицы определяется согласно следующему определению:

$$dW = |\psi(x, y, z, t)|^2 dV$$

где  $\rho = (x, y, z)$  – плотность вероятности

$$dW = |\psi(\xi)|^2 dV$$

Значит движение электронов точно описывает теория вероятностей.

$$\rho(\xi) = |\psi(\xi)|^2 = \frac{dW(\xi)}{dV}$$

В квантовой механике рассматривается определенная модель бесконечно глубокой потенциальной ямы, где может находиться микрочастица. Для этой микрочастицы решается уравнение Шредингера для одномерного случая, из этого уравнения находим волновые функции и значения энергии, которые являются собственными функциями и собственными значениями оператора. Здесь мы не будем подробно останавливаться на решение этого уравнения, математических расчетах и т.д., рассмотрим только полученный конечный результат, сделаем выводы. Для того, чтобы показать насколько квантовая механика точно определяет вероятность нахождения микрочастицы в данной потенциальной яме потенциальную яму разделим по вертикали на несколько частей. Если потенциальную яму разделим на 2 части, тогда вероятность нахождения должна быть  $W = 0,5$ , а если на 5 частей тогда  $W = 0,2$ , а если потенциальную яму разделим на 20 частей, тогда  $W = 0,05$ . Математически все так должно быть. В квантовой механике когда находим вероятность нахождения микрочастицы в данной потенциальной яме, тогда выполнения интеграла по формуле мы точно получаем все эти значения с точностью до одной сотой после запятой. Рассмотрим следующую задачу:

**Задача 1.** Электрон расположен в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме. Ширина ямы равно  $l$ . Определить вероятность того, что электрон в возбужденном состоянии находится ( $n = 3$ ) в одной трети части потенциальной ямы.

**Решение:**

Напишем стационарное уравнение Шредингера для электрона находящегося в

бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$$

Ее решение

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{n\pi x}{l}, \quad n = 1, 2, \dots$$

В возбужденном состоянии  $n = 3$

$$\psi_2(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{2\pi}{l} x$$

$$P = \frac{2}{l} \int_{l/3}^{2l/3} \sin^2 \frac{2\pi}{l} x dx = \frac{1}{l} \left\{ \int_{l/3}^{2l/3} dx - \int_{l/3}^{2l/3} \cos \frac{4\pi}{l} x dx \right\} = \frac{1}{l} \left\{ l - \frac{l}{4\pi} \sin \frac{4\pi}{l} x \Big|_{l/3}^{2l/3} \right\} =$$

$$= \frac{1}{3} - \frac{1}{4\pi} \left( \sin \frac{8\pi}{3} + \sin \frac{4\pi}{3} \right) = \left| \begin{array}{l} \sin \frac{8\pi}{3} = \sin \frac{\pi}{3} \\ \sin \frac{4\pi}{3} = -\sin \frac{\pi}{3} \end{array} \right| = \frac{1}{3}.$$

Вот здесь наглядно видно точность и триумф квантовой механики, самой красивой теории теоретической физики!

Одним словом квантовая механика в отличие от классической механики наглядно и точно, детально описывает физические процессы протекающие в микромире.

соответствует такая собственная функция. Квадрат этой собственной функции определяет вероятность нахождения частицы в данной точке пространства, значит

$$\frac{dP}{dx} = |\psi(x)|^2 \quad \text{отсюда} \quad dP = |\psi(x)|^2 dx$$

Вероятность нахождения электрона в данной точке будет следующая:

$$P = \int_{l/3}^{2l/3} (\psi_2(x))^2 dx = \int_{l/3}^{2l/3} \frac{2}{l} \sin^2 \frac{2\pi}{l} x dx$$

Интегрируем последнее полученное выражение:

#### Список литературы

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. – М.: Физматлит, – 2012. – 536 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. – М.: Физматлит, – 2004. – 800 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. – М.: Физматлит, – 2004. – 224 с.