

УДК 371.01

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ РОЛИ ТЕОРИИ АТОМА ВОДОРОДА И РАЗВИТИЯ ЗАКОНОВ МИКРОМИРА В ПРОГРАММЕ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Сайдуллаева Н.С., Уралов Б.К., Абекова Ж.А., Оралбаев А.Б.

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, e-mail: Krolik_xit@bk.ru

Законы и уравнения квантовой механики и поведение частиц в микромире полностью отличаются от законов и уравнений классической механики, в микромире встречаются такие явления, которые не имеют аналогов в классической механике, например спин электрона, туннельный эффект и т.д. В микромире координата и импульс частицы определяются согласно неопределенности Гейзенберга, эти частицы проявляют свойства характерные и для волны, и для фотонов, энергия испускается и поглощается отдельными порциями, квантами. В статье основное внимание уделяется главным вопросам квантовой механики, как создавалась теория квантовой механики, теория физических явлений микромира, какие были сложности в начальный период рождения квантовой механики в начале двадцатого века. Изучение этих вопросов создания основ квантовой механики, методика изучения исторической роли теории атома водорода и развития законов микромира играет ключевую роль для повышения интересов молодежи к предмету квантовой механики.

Ключевые слова: неопределенность Гейзенберга, корпускулярно-волновой дуализм, групповая скорость, волновой пакет, волновая функция, уравнение Шредингера, вырождение энергетических уровней, микрочастица, модель атома водорода

METHODS STUDY OF HISTORICAL ROLE OF THEORY HYDROGEN ATOMS AND THE LAWS OF MICROCOSM DEVELOPMENT PROGRAM OF HIGH SCHOOL

Saidullaeva N.S., Uralov B.K., Abekova Z.A., Oralbaev A.B.

South Kazakhstan State University by named M. Auyezov, Shymkent, e-mail: Krolik_xit@bk.ru

Laws and the equations of quantum mechanics and behavior of particles in a microcosm completely differ from laws and the equations of classical mechanics, in a microcosm such phenomena which have no analogs in classical mechanics, for example electron backs, tunnel effect, etc. meet. In a microcosm the coordinate and an impulse of a particle are defined according to Heisenberg's uncertainty, these particles show properties characteristic both for a wave, and for photons, energy is let out and absorbed in the separate portions, in quanta. In article the main attention is paid to the main issues of quantum mechanics as the theory of quantum mechanics was created, the theory of the physical phenomena of a microcosm what difficulties in an initial stage of the birth of quantum mechanics at the beginning of the twentieth century were. Studying of these questions of creation of bases of quantum mechanics, technique of studying of a historical role of the theory of atom of hydrogen and development of laws of a microcosm plays a key role for increase of interests of youth in a subject of quantum mechanics.

Keywords: Heisenberg uncertainty principle, wave-particle duality, the group velocity of the wave packet wave function, the Schroedinger equation, the degeneracy of the energy levels, the microparticle, a model of the hydrogen atom

Исследования спектров излучения разреженных газов (т.е. спектров излучения отдельных атомов) показали, что каждому газу присущ вполне определенный линейчатый спектр, состоящий из отдельных спектральных линий или групп близко расположенных линий. Самым изученным является спектр наиболее простого атома – атома водорода.

Первая попытка построить качественно новую – квантовую – теорию атома была предпринята в 1913 году датским физиком Нильсом Бором. Он поставил перед собой цель связать в единое целое эмпирические закономерности линейчатых спектров, ядерную модель атома Резерфорда и квантовый характер излучения и поглощения света. В основу своей теории Бор положил известные два постулата.

Теория атома водорода Н. Бора в истории физики сыграла большую роль, так как эта была смелая теория со своими постула-

тами, которые были в противоречии с классической теорией. Эта теория была на половину классической, на половину квантовой, она не была последовательной до конца. Теория Бора, хотя она имеет свои недостатки и преимущества, сыграла свою огромную роль в развитие начала квантовой механики, без этой теории трудно представить дальнейшее развитие физики микромира.

Эта теория, отличавшаяся смелостью и простотой, дала ответы на многие вопросы, волновавшие физиков-экспериментаторов того времени. Однако, как оказалось, несмотря на первоначальный успех, эта теория не смогла удовлетворительно разрешить целый ряд проблем:

1. Почему переходы осуществляются именно между данными энергетическими уровнями, а не между какими-либо другими?

2. Почему электроны не излучают электромагнитную энергию и не падают по спирали на ядро?

3. Какова природа спектров более сложных атомов, в частности гелия или лития?

Теория Э. Шредингера, использовавшего понятия квантовой механики и волновых функций, была как бы завершающим шагом в создании теории строения атома, развитие тех идей, которые впервые высказал Н. Бор. Атом водорода с его самой простой внутренней структурой представляет собой очень хороший объект для первоначального применения теории Шредингера. Успешные результаты, полученные при исследовании структуры спектра водорода, являются первыми большими достижениями квантовой механики. Не вдаваясь в сложные математические выкладки можно сказать, что теория Шредингера смогла решить задачи микромира, получить результаты, которые нельзя получить на основе теории Бора [3,4].

Квантовая механика позволила, в частности, решить проблему, связанную с вырождением энергетических уровней, а также уточнить атомную модель, приведя ее в лучшее соответствие со свойствами атомов, существующих в природе.

Известно, что законы классической механики, также как и законы любой другой области физики имеют свою определенную область применения, границу этой области, естественно классическая механика представляет собой частный случай более общей квантовой механики. С развитием квантовой механики в начале двадцатого века полностью все законы теплового излучения нашли свое теоретическое подтверждение. Именно квантовая механика возникшее в 1900 году объяснила спектр излучения абсолютно черного тела, законы теплового излучения (закон Стефана-Больцмана, закон Рэлея-Джинса, законы Кирхгофа, закон смещения Вина и т.д.), а современная физика опирается в основном на квантовую механику. При описании законов природы в микромире квантовая механика представляет ее волновой теорией вещества и обязательно включает в нее $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж \times с постоянную Планка [1,2].

По предположению Планка осциллятор излучает свет отдельными порциями с энергией

$$E = h\nu.$$

Именно на достижения и успехи квантовой механики опирается вся современная физика.

В основе квантовой механики лежит соотношение де Бройля

$$\lambda = \frac{h}{P}.$$

Именно вот это соотношение показывает точную взаимосвязь корпускулярной и волновой природы микрочастицы. После соотношения де Бройля стало ясно, что двойственная природа присуща не только для света но и для любой микрочастицы.

Здесь нам хотелось бы отметить такое обстоятельство, что при изучении законов микромира в обязательном порядке нужно хорошо усвоить следующие принципиальные вопросы, которые сильно отличаются от законов классической механики:

1. Соотношение неопределенности Гейзенберга.

2. Корпускулярно-волновой дуализм.

3. Квантовая теория атома водорода.

Основной характерной особенностью микромира, тесно связанной с исследованиями законов природы микромира является принцип неопределенности Гейзенберга. Этот принцип утверждает, что имеются пары величин, характеризующие микроскопическую систему, которые не могут быть известны одновременно с бесконечной точностью. Например, рассмотрим, электрон. Его координата, и импульс определяются с некоторой точностью. Тогда для определения местоположения (координаты) и импульса микрочастицы существует следующее соотношение, которое называется соотношением неопределенности Гейзенберга:

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

где \hbar – постоянная Планка. Если оказывается, что местоположение известно с высокой точностью, то из принципа неопределенности следует, что мы ничего не знаем о значении импульса и наоборот. Такое же соотношение, получаем для энергии и времени, связанных с некоторым данным событием или состоянием:

$$\Delta E \Delta t \geq h.$$

Принцип неопределенности является следствием того факта, что мы представляем частицу в виде волнового пакета, в котором бесконечно большое число N монохроматических волн, образующих пакет, имеет некоторый разброс по частоте. Частица находится где-то в области Δx внутри пакета и неточность определения импульса равна Δp .

Нужно отметить, что именно после развития квантовой механики это соотношение неопределенности Гейзенберга была блестяще доказана теоретическим путем в ходе рассмотрения волнового пакета [1,3].

Эта неточность свойственна самой природе систем, которые мы рассматриваем, и является отражением того предела,

которого достигли наши знания о микромире. Всегда следует помнить, что определение координаты, импульса и других характеристик микрочастицы производится непосредственно при помощи определенных конкретных приборов, а эти приборы сами состоят из этих микрочастиц, значит эта неопределенность уже заложена самой природой в этих приборах.

Более точнее определить координату и импульс микрочастицы невозможно, сама постоянная Планка – это тридцать четыре знака после запятой, показывает предел наших возможностей. Эта неточность не имеет ничего общего с какими бы то ни было техническими трудностями, возникающими в настоящее время при конструировании более точных измерительных приборов.

В данном случае непременно нужно отметить следующий очень существенный момент, который немного поясняет соотношение неопределенности Гейзенберга. Взаимодействие между микрочастицами и макроскопическими телами, разумеется, существенно отличается от взаимодействия макроскопических тел между собой. Именно, при взаимодействии между одним микроскопическим телом и другим, играющим роль прибора, всегда можно считать обратное воздействие прибора на тело как угодно малым или, хотя бы, точно учесть его. Поэтому говорят, что воздействие прибора не изменяет состояние макроскопического объекта.

Иначе дело обстоит при взаимодействии физических объектов разной природы – микрочастицы и макроскопического тела – прибора. Здесь принципиально невозможно считать воздействие на микрочастицу малым и несущественным. Вот этот существенный момент показывает, что воздействие прибора на электрон изменяет его состояние и при этом принципиально не может быть сделано малым. Поэтому мы получаем неопределенность значений координаты и импульса микрочастицы. Мы можем лишь найти вероятность того или иного значения этих величин.

Данная неопределенность координаты и импульса накладывает абсолютные ограничения на принципиально достижимую точность многих измерений [3,4].

Теперь рассмотрим второй вопрос корпускулярно-волновой дуализм, который имеет не менее важное значение. Известно, что свет представляет собой двойственную природу, в одних явлениях она ведет себя как волна, в других явлениях она ведет себя как частица.

В квантовой механике частицу массой m , импульсом p , и полной энергией E представляют как волновой пакет. По аналогии с материальным объектом, микрочастицу

можно представить в виде волн. Тот факт, что частица ассоциируется с волной, ставит вопрос о том, как поступить со свойством занимать в определенный момент определенное место в пространстве.

Система волн, суперпозиция которых дает огибающую, оно распространяется со скоростью, отличной от скорости составляющих волн. Эту огибающую волн, которая рассматривается как материальная частица, называют волновым пакетом (или группой волн). Здесь следует отметить, что скорость частицы будет равна в точности групповой скорости волн де Бройля. В принципе групповая скорость фотонов будет равна скорости самого фотона [4].

$$v_{гр} = \frac{dE}{dP} \quad v = c.$$

Вот здесь естественно возникает вопрос: «С чем мы имеем дело, может эта частица с определенной массой, импульсом и энергией, или же это волна с определенной амплитудой, частотой и длиной волны?» Очевиден ответ: частица – волна обладает двойственной природой.

В квантовой механике электрон рассматривается – как микрочастица, со свойственными специфическими свойствами, иногда она проявляет свои волновые характеристики, иногда она проявляет свои корпускулярные свойства. Как проявит данная частица свою волновую или корпускулярную природу, это зависит от способов наблюдения и от постановки задачи при проведении эксперимента. Проблема двойственности возникает во многом из-за слишком упрощенного характера наших математических расчетов. С применением более сложной квантовой теории поля эта проблема в значительной мере теряет свою значимость [4].

Теперь попытаемся разобраться с квантовой теорией атома водорода. Здесь следует отметить, что развитие квантовой механики в начале двадцатого века на самом деле происходило лишь благодаря огромным титаническим усилиям многих крупнейших теоретиков и экспериментаторов того времени, это невероятно сложная теория современной физики и физики микромира. Мы не будем перечислять имена крупных ученых физиков того периода, но отметим что это был огромный колоссальный труд физиков двадцатого века [1,2].

Список литературы

1. Аюста В., Кован К., Грем Б. Основы современной физики. – М.: Просвещение, 2001. – С.195-199.
2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. – М.: Высшая школа, 1996. – С.112-121.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. – М.: Физматлит, 2012. – С. 121-127.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. – М.: Физматлит, 2004. С.185-191.
5. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. –М.: Физматлит, 2002. – С.251-255.