

УДК 371.01

**МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ НА УРОВНЕ АТОМОВ И МИКРОМИРА В ПРОГРАММЕ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ****Абекова Ж.А., Оралбаев А.Б., Ермаханов М.Н., Космуратова А.Т.***Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, e-mail: abekova68@mail.ru*

Внедрение современного инновационного обучения в подготовке бакалавров по специальности «Физика» требует глубокого знания по специальным предметам, формирования у будущих специалистов педагогического направления фундаментального знания при изучении предмета квантовой механики. В этой статье показана методика изложения некоторых принципиальных вопросов квантовой механики в курсе программы высшей школы.

**Ключевые слова:** законы теплового излучения, формула Планка, неопределенность Гейзенберга, волновая функция, уравнение Шредингера, потенциальный барьер, микрочастица, туннельный эффект, спин электрона

**METHODS STUDY PARTICLE INTERACTIONS AT THE ATOMIC LEVEL AND THE MICROCOSM IN HIGHER EDUCATION PROGRAMS****Abekova Z.A., Oralbaev A.B., Ermahanov M.N., Kosmuratova A.T.***South Kazakhstan State University by named M. Auyezov, Shymkent, e-mail: abekova68@mail.ru*

The introduction of modern innovative training in 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 the study of the subject of quantum mechanics. In this paper, the technique of presentation of several fundamental problems of quantum mechanics in the course of the program of higher education.

**Keywords:** the laws of thermal radiation, Planck's formula, the uncertainty of Heisenberg, the wave function, the Schrödinger equation, the potential barrier, the microparticle, the tunnel effect, the electron spin

Известно, что двадцатый век в истории физики является золотым веком расцвета, быстрого скачкообразного развития квантовой механики. В начале двадцатого века на протяжении жизни всего одного поколения созданы две революционные теории – теория относительности и квантовая теория, которые в корне преобразовали основы физики, неизменные со времен Ньютона.

Началом квантовой механики принято считать 1900 год, так как именно в этом году немецкий физик Макс Планк сделал первый шаг на пути построения квантовой теории, он полностью теоретически объяснил все законы теплового излучения. Эйнштейн сделал следующий шаг в развитии квантовой теории: в 1905 году он ввел понятие кванта света (фотона). Фактически Эйнштейн утверждал, что свет (вообще электромагнитное поле) имеет двойственную природу: в одних случаях он выступает как волны, а в других – как частицы. Когда свет ведет себя подобно волнам, он подчиняется уравнениям Максвелла, когда он обнаруживает свои корпускулярные свойства, его можно рассматривать как газообразное тело, состоящее из частиц, названных Эйнштейном фотонами. Свет, представляющий собой с волновой точки зрения волны с частотой  $\nu$ , с корпускулярной точки зрения проявляется как ансамбль (газ) частиц – фотонов, энергия каждого из которых пропорциональна  $\nu$ . Таким об-

разом идея о фотонах действительно стало реальностью, впоследствии обнаружили эффекты подтверждающие эту гипотезу (фотоэффект, опыт Столетова, эффект Комптона). Гипотеза Планка и теория Эйнштейна о корпускулярной природе света взаимно дополняют друг друга, они послужили толчком для развития квантовой физики. В начале двадцатого века А.Эйнштейн построил свою частную теорию относительности, затем через одиннадцать лет общую теорию относительности. Для развития этих теории послужили толчком две нерешенные проблемы конца девятнадцатого века: это определение абсолютной скорости Земли и объяснения свойств теплового излучения. Для решения проблем теплового излучения Планк предложил свою квантовую гипотезу, которая и стала отправным пунктом развития квантовой теории. Создание частной и общей теории относительности послужили мощным толчком для развития квантовой механики, по этой причине впитав в себя идеи теории относительности (невозможность передачи сигналов со скоростью больше скорости света в вакууме, взаимосвязь массы и энергии, инвариантность физических законов относительно перехода из одной инерциальной системы в другую и т.д.) физика двадцатого столетия развивалась далее под флагом квантовой теории. В определенном смысле практически вся современная физика – это квантовая

физика. Ее рождение и развитие может рассматриваться как основной итог «новой революции в естествознании». Современную физику элементарных частиц, физику атома и ядра, физику сплошной среды, электронную теорию вещества, физико-химический метод исследования твердых тел, нанотехнологию, физику плазменного состояния вещества, физику процессов внутри Солнца и т.д. невозможно представить без квантовой механики.

Теперь попытаемся ответить на вопрос что такое квантовая физика? На данный вопрос нельзя ответить однозначно. Прежде всего, квантовая физика – это теория, описывающая свойства материи на уровне явлений микромира, она исследует законы движения микрообъектов. Атомы, молекулы, элементарные частицы – основные «объекты» квантовой физики.

Квантовая физика – это теоретическая основа современного учения о структуре и свойствах вещества и поля. По сравнению с классической физикой она рассматривает материю на более глубоком, более фундаментальном уровне.

Фундаментом квантовой физики является квантовая механика, изучающая законы движения (законы механики) микрообъектов, строение и свойства атомов и молекул. От квантовой механики получили развитие многие ветви, такие как квантовая хромодинамика, квантовая электродинамика, квантовая электроника, квантовая оптика и т.д. Прежде всего попытаемся разобраться отличием квантовой механики от классической механики, методикой изложения основ квантовой механики, законами квантовой механики и некоторыми принципиальными моментами которые отличают квантовую механику от других разделов.

Во-первых надо твердо освоить студентам и всем изучающим теорию квантовой механики следующий факт, что все процессы происходящие в микромире подчиняются соотношению неопределенностей Гейзенберга:

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

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

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

Согласно этому соотношению неопределенностей Гейзенберга координата частицы и ее импульс определяются с точностью до постоянной Планка, где после запятой показана минус тридцать четвертая степень. Более точно определить координату и импульс частицы невозможно,

это уже заложено самой природой материи. Так как для определения координаты и импульса микрочастицы и других параметров естественно используются определенные приборы, а эти приборы сами состоят из этих мельчайших частиц, тогда становится ясно точность определения этих параметров. Чем точнее мы пытаемся определить координату, тем больше ошибаемся в определении импульса, и наоборот, чем точнее мы пытаемся определить импульс частицы, тем больше ошибаемся в определении координаты.

Здесь надо учесть следующий немаловажный фактор: при воздействии прибора на микрообъект световой сигнал проходит определенный путь за время  $\Delta t_1$ , также от микрообъекта до прибора проходит путь за время  $\Delta t_2$ , что вносит неопределенность в определение времени  $t$  и энергии  $\Delta E$ . Соответственно соотношение неопределенности Гейзенберга с другой стороны записывается следующим образом:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h$$

Кстати вот это соотношение неопределенностей Гейзенберга теоретически [1–3]

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

доказывается только в квантовой механике при изложении суперпозиции состояний волнового пакета.

Во-вторых надо твердо усвоить следующее, в микромире значит в квантовой механике встречаются такие явления, которые не имеют аналогов в классической физике, это такие явления например как туннельный эффект. При туннельном эффекте если у электрона энергия меньше чем высота потенциального барьера, то электрон имеет вероятность проскочить через потенциальный барьер. Эти рассуждения трудно поддаются здравому смыслу, но они реально имеют место и доказаны на практике. Здесь также можно сказать о спине электрона, спин- это чисто квантомеханическая характеристика, в классической механике оно не встречается [1–3].

В третьих надо усвоить следующий момент: В микромире любая элементарная частица как и свет обладает двойственной природой, в некоторых явлениях частица показывает волновую природу, в некоторых явлениях показывает корпускулярную(квантовую) природу. Впервые на такое свойство микрочастицы было указано французским ученым Луи де Бройлем, в формуле Луи де Бройля показана взаимосвязь длины волны света (волновая природа) и импульса частицы (корпускулярная природа).

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Соответственно выше сказанному любой частице электрону, протону, нейтрону, фотону можно сопоставить определенную волну, это уже доказано многочисленными опытами крупных ученых в начале двадцатого века.

В четвертых надо усвоить следующий момент: как рассматривается электрон в квантовой механике? Например если мы в классической механике электрон рассматриваем как частицу, то в квантовой механике электрон рассматривается как микро-частица со специфическими свойствами, в одних явлениях оно ведет себя как частица, в других явлениях ведет себя как волна. Известны нам опыты с потоком электронов которые дают дифракционную картину на экране, также опыт с одним электроном который также дает дифракционную картину на экране. Необычность этого явления заключается в том, что микрообъектам, которые до этого рассматривались как корпускулы, например электронам, приписывают также и волновые свойства. В случае фотонов есть длина волны излучения, в применении же к микрообъектам, имеющим массу покоя, величину  $\lambda$  стали называть «дебройлевской длиной волны» микрообъекта. Отсюда ясно, что у микрообъекта, например электрона, проявляются и волновые свойства. В 1927 году в опытах Дэвиссона и Джермера и независимо от них П.С. Тартаковского была обнаружена дифракция электронов [1–3].

Дебройлевские «волны материи» электронов дифрагировали на кристаллической решетке мишени и создавали на экране характерную картину дифракционных колец. Измерения расстояний между кольцами для электронов заданной энергии подтверждали формулу де Бройля. Таким образом гипотеза де Бройля о волновой природе микрочастицы была доказана экспериментальным путем.

В пятых надо усвоить следующий момент, в микромире обязательно приходится иметь дело с дискретностью, прерывистостью, которая затем переросла в идею квантовых скачков. Квантованные значения различных физических величин (энергии, момента импульса, импульса и др.) естественным образом возникали в результате решения соответствующего уравнения Шредингера. То что фотоны испускают энергию порциями доказал Макс Планк, а А. Эйнштейн доказал что фотоны не только испускают, но и поглощают энергию порциями. Эти квантовые

скачки с их неизбежной вероятностной трактовкой прочно утвердились в квантовой механике.

В шестых надо усвоить следующее, что в квантовой механике непременно приходится иметь дело с вероятностной трактовкой волновой функции. Что собой представляет волновая функция и какой у нее физический смысл? Сразу отметим, что волновая функция не имеет никакого физического смысла, физический смысл имеет квадрат волновой функции, она определяет вероятность нахождения микрочастицы в определенной области пространства, в момент времени  $t$ , вокруг радиус – вектора  $r$ . Значит квадрат модуля волновой функции выступает здесь как плотность вероятности.

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

В квантовой механике непременно приходится работать волновой функцией, это комплексная функция координаты и времени. Волновая функция и плотность вероятности показывают, что предсказания в квантовой механике имеют, вообще говоря, вероятностный характер и, следовательно, физика микрообъектов является принципиально статистической теорией. В самой основе квантовой механики лежит теория вероятностей, это неоднократно подчеркивали выдающиеся физики в начале двадцатого века. Самое существенное то, что благодаря теории вероятностей квантовая механика привела к более глубокому пониманию физических процессов происходящих в микромире, она установила более тесную связь между квантовой механикой и статистической теорией.

В седьмых надо твердо усвоить физический смысл и роль формулы Планка, которая имеет большое значение не только для теории теплового излучения, но и для всей теоретической физики. Именно с этой идеи Планка начала свое развитие квантовая теория. Планк впервые теоретически объяснил кривые зависимостей плотности энергии электромагнитного излучения от длины волны, которую никак не могли объяснить крупные ученые конца девятнадцатого века.

$$f(w, T) = \frac{\hbar w^3}{4\pi^2 c^2} \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar w}{kT}\right) - 1}$$

$$u(w, T) = \frac{\hbar w^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar w}{kT}\right) - 1}$$

$$\varepsilon = \hbar \omega$$

Формула Вина хорошо описывала экспериментальные кривые для коротких длин волн, а формула Рэлея – Джинса согласовывалась с экспериментом в длинноволновой области. Но при других длинах волн каждая из этих теории резко противоречила опыту.

$$R^* = \sigma T^4$$

$$\lambda_m \cdot T = b = const$$

$$f(\omega, T) = \frac{u^2}{4\pi^2 c^2} kT$$

Теоретическое объяснение кривых впервые удалось Планку. Точнее говоря, Планк принял, что для электромагнитных волн с частотой минимальная порция энергии по величине пропорциональна  $\nu$ , энергия электромагнитных волн может изменяться только скачками, увеличиваясь или уменьшаясь на целое число таких порций.

По корпускулярной теории испускание и поглощение света стенками полости означает, что в полости рождаются и исчезают целочисленные количества фотонов той или иной частоты. С этой точки зрения гипотеза Планка об изменении энергии электро-

магнитных волн в полости выглядит очень естественной [4–5].

Для начала изучения основных вопросов квантовой механики необходимо детально уделить внимание на эти принципиальные моменты, хотя это минимальные сведения из курса квантовой теории, для перечисления всех важных деталей потребуются изучить огромное количество вопросов. Квантовая механика как одна из красивых и сложнейших теории современной физики естественно и дальше продолжает развиваться, в перспективе из нее могут найти разветвление и другие смежные отрасли науки. Краткое изложение основных принципиальных моментов квантовой механики служит трамплином в дальнейшем изучении вопросов теоретической физики для всех кто интересуется квантовой механикой.

#### 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. – 72 с.
4. Тарасов Л.В. Современная физика в средней школе. – М.: Просвещение, – 1990. – 103 с.
5. Утияма Рею. К чему пришла физика. – М.: Знание, – 1986. – 112 с.