

ИЗУЧЕНИЕ КОРПУСКУЛЯРНО - ВОЛНОВОГО ДУАЛИЗМА В КВАНТОВОЙ ФИЗИКЕ

Курс общей физики, в подготовке высококвалифицированных учителей физики, является профилирующим курсом и содержит все основные сведения о важнейших физических фактах и понятиях, законах и принципах. В нем излагаются вопросы классической и современной физики с четким определением границ. В процессе изучения этого курса у студентов формируются теоретические и экспериментальные знания по физике; умения и навыки по использованию полученных знаний при решении физических задач; умения и навыки по выполнению лабораторных работ по всем разделам курса.

Квантовая физика является заключительным разделом курса общей физики и имеет значительную ценность в формировании научного и физического мировоззрения.

Изучение корпускулярно-волнового дуализма играло важную роль в возникновении и развитии квантовой теории, поэтому вернемся к истокам квантовых идей. При выводе своей формулы для равновесного излучения Планк ввел гипотезу, что излучение и поглощение света веществом происходит не непрерывно, а конечными порциями или квантами.

Методологический анализ философских проблем, поставленных квантовой гипотезой, по существу - представляет первый шаг в осознании фундаментальности нового этапа развития познания, происходившего через рассмотрение соотношения прерывности и непрерывности в той его форме, в которой оно предстало в квантовой физике [1, с.33].

Сам Планк, полагал, что квантовые свойства света проявляются только в актах излучения и поглощения, т.е. при взаимодействии света с веществом. Распространение же света в пространстве, по его воззрениям, происходит непрерывно и описывается классическими уравнениями Максвелла [2, с. 8].

Более радикальная и законченная форма квантовой теории света была сделана Эйнштейном. По представлению Эйнштейна, свет при распространении в пространстве ведет себя подобно совокупности каких-то частиц, причем энергия каждой частицы определяется формулой Планка. Такие частицы позднее получили название квантов света или фотонов.

В дальнейшем рассматривается фотоэлектрический эффект и эффект Комптона в качестве доказательства существования корпускулярного свойства света и как явление, экспериментально подтверждающее гипотезу Планка. При рассмотрении этих явлений методологически важно выполнение закона сохранения энергии в обоих эффектах, а также закона сохранения импульса в случае эффекта Комптона. Следует отметить, что именно эффект Комптона доказал существование импульса у фотона. Следует подчеркнуть, что эти эффекты невозможно объяснить на основе волновых свойств света.

Развитие теоретической физики все больше убеждало исследователей в том, что дальнейший прогресс невозможен в рамках механистического мировоззрения, что необходима единая теория световых явлений на немеханической основе. К такому выводу и пришел Лоренц в своем выступлении в Лондонском Королевском обществе в 1923 году. Лоренц в конце своего доклада сделал следующий вывод: «Нельзя думать, что решение будет найдено в некоторой счастливой комбинации протяженных волн и концентрированных квантов, причем волны будут ответственны за интерференцию, а кванты - за фотоэлектричество». Лоренц приходил этим путем к заключению, что механистическое сочетание волны и корпускул для объяснения природы света принципиально непригодно [3 с. 11].

Решающую роль в этом процессе сыграли новые опытные факты, в частности - эффект Комптона. Советский физик П. С. Тартаковский, убедившись опытным путем в существовании этого эффекта, отмечал: «Весь комплекс явлений, связанный с эффектом Комптона, считается

решительным доказательством квантовой природы света, подтверждает представление о свете как потоке фотонов» [1 с.35].

Итак, опыт подтверждал корпускулярные свойства света. Но, с другой стороны, существовала целая группа опытных фактов, таких, как интерференция, дифракция, поляризация и т. д., хорошо объясняемые волновой теорией света, т.е. свет имеет волновую природу.

Свет, одновременно обладавший свойствами непрерывных электромагнитных волн и свойствами дискретных фотонов, представляет собой диалектическое единство этих противоположных свойств. Однако в проявлении этих противоположных свойств света имеется вполне определенная закономерность. С уменьшением длины волны все более отчетливо сказываются квантовые свойства света. С этим связано существование красной границы фотоэффекта и фотохимических реакций. Вместе с тем волновые свойства коротковолнового излучения выражаются весьма слабо.

Одновременное существование у света волновых и квантовых свойств, естественно, ставит вопрос об их сочетании и взаимозависимости. Взаимосвязь между двойственными корпускулярно - волновыми свойствами света находит простое истолкование при статистическом подходе к рассмотрению вопроса о распространении света.

Корпускулярные свойства обусловлены тем, что энергия, импульс и масса излучения локализованы в дискретных частицах, т.е. фотонах, а волновые свойства статистическими закономерностями распределения фотонов в пространстве, т.е. закономерностями, определяющими вероятности нахождения фотонов в различных точках пространства. Таким образом, корпускулярные и волновые свойства света не исключают друг друга, а наоборот взаимно дополняют. Они отражают две различные, но в то же время тесно взаимосвязанные закономерности распространения электромагнитного излучения и его взаимодействия с веществом.

Создание единой теории, учитывающей и корпускулярные, и волновые свойства света, стало реальной научной задачей. Начало новому, радикальному этапу ее решения положил физик Луи де Бройль, впервые попытавшийся синтезировать корпускулярные и волновые свойства материи. По содержанию идея де Бройля заключается в обобщении корпускулярно-волнового дуализма со всеми микрочастицами, существующим в природе. При изложении идеи де Бройля необходимо основываться на выражения энергии и импульса фотона, которые были обоснованы и теоретически, и экспериментально

$$E = h\nu, p = hk$$

Согласно гипотезе де Бройля, предложенной им в 1924 г., эти выражения, относящиеся к частице света - фотону, применимы к любым частицам. Из этой идеи следует, что частице с импульсом p соответствует определенная длина волны, которая

получается из выражения импульса фотона и имеет следующий вид $\lambda = \frac{h}{p}$.

P

Особо следует подчеркнуть, что, волны де Бройля по природе отличаются и от механических, и от электромагнитных волн. Гипотеза де Бройля получила экспериментальное подтверждение в 1927 г. в опытах Джермера и Девиссона, которые, изучая рассеяния электронов на монокристалле никеля, доказали существование волновых свойств электронов. Здесь также надо подчеркнуть, что волновые свойства электронов не связаны с их совокупностью, а являются свойством отдельных электронов. Это доказано в опытах советских физиков Л. М. Бибермана, Н. Г. Сушкина и В. А. Фабриканта, наблюдавших дифракцию одиночных, почти поочередно летящих электронов. Образующаяся дифракционная картина ничем не отличается от картины, полученной в опытах с пучком электронов. Это означает, что образование дифракционной картины происходит и при индивидуальном прохождении электронов через вещество.

С теории де Бройля начинается новый этап в развитии квантовой физики, получившей относительную завершенность после работ Э. Шредингера и Гейзенберга по волновой и матричной механике. Оценивая вклад де Бройля в становление новых идей, П. С. Тартаковский писал: «Громадное значение теории де Бройля в том, что основные идеи послужили отправной

точкой для построения новой, волновой механики Шредингера, все более и более выдвигающейся на первый план в области атомных явлений [1 с.35].

В квантовой механике, состояния микрочастиц характеризуются на языке волновых функций: квадрат модуля волновой функции в некотором представлении определяет вероятность соответствующей физической величины. Использование волновых функций для характеристики состояний физических объектов позволило теоретически вскрыть и отобразить в соответствующих уравнениях такие внутренние свойства микрочастиц, как корпускулярно-волновой дуализм, спин и четность, наиболее глубоко характеризующие их строение.

Литература

1. Джораев М.. Вероятностно статистические идеи в преподавании физики. -Ташкент: Фан, 1992.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика.-М.: Педагогика, 1986.
3. Философские вопросы квантовой физики. -М.: Наука, 1970.