ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ТЕМ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

Г.А.УМАРОВА

Мақолада квант физикасининг фундаментал мавзуларини ўрганишда компьютер технологияларининг ўрни ва аҳамияти ёритиб берилган

This article describes the place and importance of the computer technology in learning main themes of quantum physics.

Использование компьютера в учебном процессе оказывает значительное влияние на способы предъявления содержания обучения. Помимо этого, овладение компьютерной грамотностью дает в руки принципиально новое средство познания, которое значительно расширяет возможности обучения.

Применение компьютера позволяет ставить вопрос о построении учебных факультативных курсов, которые бы органически объединяли знания в области науки, техники и производства, что является одной из предпосылок преодоления разрыва между вузовским обучением и практикой. При этом компьютер дает реальную возможность каждому студенту, осваивая какую-либо деятельность, сравнивать нормативный способ ее выполнения с собственным, что позволяет включить в содержание учебной деятельности новые типы знаний. Психологические проблемы содержания учебной деятельности охватывают комплекс вопросов, причем применение компьютера значительно расширяет их круг.

Анализируя содержание вопросов квантовой физики, мы пришли к тому, что основное внимание следует обратить на формирование следующих квантово-механических идей и понятий, а также их всестороннее экспериментальное обоснование:

1. Гипотеза и волны де Бройля и её опытное доказательство.
2. Квантование и его роль в развитии физики.
3. Корпускулярно-волновой дуализм света и его экспериментальное подтверждение.
4. Строение и свойства атомов и молекул.
5. Строение и свойства атомных ядер.
6. Элементарные частицы и их свойства.

При изложении темы «Зарождение квантовой теории» целесообразно начинать с объяснения излучения абсолютно черного тела. М.Планк в 1900г. высказал гипотезу, которая положила начало подлинной революции в теоретической физике. Смысл этой гипотезы заключается в том, что запас энергии колебательной системы, какой является атом с входящими в его состав электронами, не может принимать любые значения. Энергия колебательного движения в атоме обязательно должна быть равна целому кратному некоторого определенного количества энергии.

Следовательно, атомы-осцилляторы абсолютно черного тела изменяют свою энергию отдельными порциями, вследствие чего абсолютно черное тело испускает и поглощает свет не непрерывно, а определенными конечными порциями энергии – квантами. Энергия кванта, согласно Планку, равна $\varepsilon = h\nu$, где ν – частота света; h – постоянная Планка. Гипотеза Планка была революционным шагом в развитии физики. До него считалось, что испускание света непрерывный процесс. Именно с идеи Планка начинается развитие категории дискретности и непрерывности, имеющей важное методологическое значение. Здесь целесообразно объяснить учащимся, что переход от непрерывных физических величин к дискретным называется квантованием. Развитие квантовой физики показало, что в микромире квантуются не только энергия, но и другие физические величины. Это свидетельствует об общности принципа квантования в микромире.

Корпускулярно - волновой дуализм света

Изложение этой темы целесообразно провести в виде эвристической беседы, что позволит в должной мере активизировать и обобщить имеющиеся у них знания и привести к осозна-

нию важной методологической идеи о единстве волновых и корпускулярных свойств излучения. В качестве доказательства существования корпускулярного свойства света приводятся явления фотоэффекта и эффекта Комптона, их теоретическое и опытное обоснование.

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 особо обратить внимание на то, что эти эффекты невозможно объяснить на основе волновых свойств света.

Для наглядной демонстрации данного опыта мы предлагаем компьютерную модель эффекта Комптона.

Компьютерная программа данного опыта составлена на основе использования компьютерной технологии FLASH и состоит из двух этапов. На первом этапе предоставляется возможность увидеть движение электронов вокруг ядра, а также при движении потока фотонов проследить за столкновениями фотонов и электронов. При соударении фотона с электроном фотон замедляет свое движение, теряя при этом импульс и энергию, а электрон приобретает импульс и определенное значение энергии.

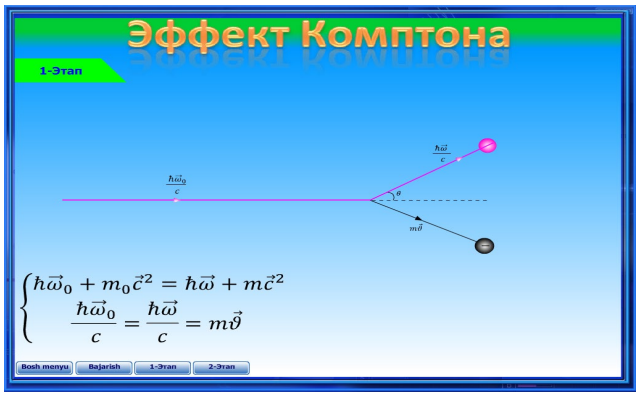

Рис. 1 Модель. 1 этап эффекта Комптона

На втором этапе демонстрируется движение фотона и столкновение его с электроном. До соударения фотон имел импульс с проекцией на направление движения, в то время как импульс покоящегося электрона был равен нулю. После соударения фотон отражается в обратном направлении, а электрон приобретает импульс, т.е. переходит из состояния покоя в движение. На основе имитационно-мультипликативных образов мы попытались реализовать идею о столкновении фотона с электроном и его рассеянии.

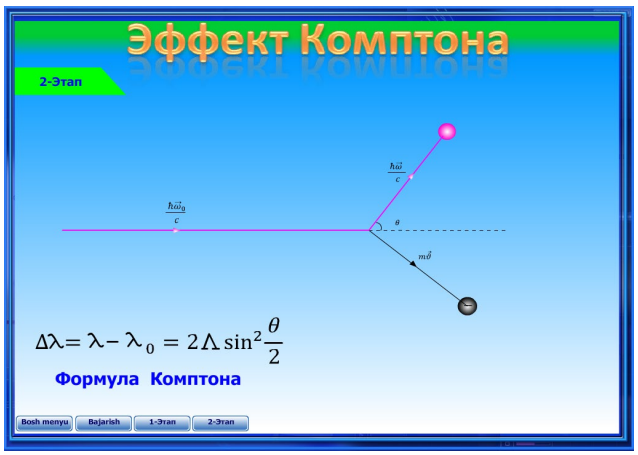

Рис. 2. Модель. 2 этап эффекта Комптона

Для раскрытия вероятностно-статистического характера этих эффектов необходимо остановиться на следующем. В случае фотоэффекта заранее нельзя определить вырывание конкретного электрона фотоном, следовательно, этот процесс носит случайный характер. А в случае эффекта Комптона заранее невозможно предсказать, под каким углом происходит рассеяние падающего фотона. Поэтому процесс рассеяния фотонов на свободных электронах под определенным углом носит случайный характер. В качестве доказательств, подтверждающих волновую природу света, надо привести следующие опытные факты: совпадение скорости света со скоростью электромагнитных волн, явления интерференции и дифракции света.

Часто возникает вопрос: почему в одних случаях проявляются волновые, а в других – корпускулярные свойства света? Ответ на этот вопрос состоит в следующем. В тех случаях, когда мы регистрируем усредненные результаты воздействия света на объект в течение сравнительно больших (в масштабах микромира) промежутков времени, дискретность света не играет никакой роли и наблюдается непрерывная волновая картина, например, когда мы наблюдаем глазом или фотографируем интенсивную интерференционную картину.

Если регистрируются индивидуальные акты взаимодействия излучения с микрочастицами, например, с отдельными электронами или молекулами (фотохимическая реакция), то здесь микрочастица взаимодействует с отдельным

фотоном, поэтому дискретная структура излучения проявляется весьма наглядно.

После этого можно перейти к разъяснению механизма возникновения интерференционных максимумов и минимумов на основе квантовых представлений. Интерференционный минимум – это та область, где вероятность обнаружения фотона практически равна нулю, а интерференционный максимум – это та область, где вероятность обнаружить фотон максимальна. Вероятность же пропорциональна квадрату амплитуды волны, т.е. интенсивности волны. И здесь вероятность распределения фотонов диктуется волновыми эффектами.

Волновые и квантовые свойства света не исключают, а наоборот, взаимно дополняют друг друга. Они выражают истинные закономерности распространения света и его взаимодействия с веществом. Квантовые свойства света обусловлены тем, что энергия, импульс и масса излучения сосредоточены в частицах – фотонах. Вероятность нахождения фотонов в различных точках пространства определяется волновыми свойствами света – амплитудой световой волны.

Следует подчеркнуть, что волновые свойства присущи не только совокупности большого числа одновременно летящих фотонов. Каждый отдельный фотон обладает волновыми свойствами. Волновые свойства фотона проявляются в том, что для него нельзя точно указать, в какую именно точку экрана он попадёт после прохождения щели. Можно говорить лишь о вероятности попадания каждого фотона в ту или иную точку экрана. Таким образом, свет обладает не только волновой, но и одновременно корпускулярной структурой. Единство волновых и корпускулярных свойств вещества и излучения – одна из основных идей современной физики.

Гипотеза и волны де Бройля

По нашему мнению, идея де Бройля должна найти достойное место в изучении квантовой физики. В настоящее время изучаются корпускулярно-волновые свойства света и в связи с этим создается достаточная база для изложения гипотезы и волны де Бройля.

Как известно, по содержанию идея де Бройля заключается в обобщении корпускулярно-волнового дуализма света ко всем микрочастицам, существующим в природе. При изложении идеи де Бройля необходимо основываться навыражении энергии и импульса фотона, которые были обоснованы и теоретически, и экспериментально.

$$E = \hbar\omega; \quad (1.1)$$

$$\vec{P} = \hbar\vec{\kappa} \quad (1.2)$$

Согласно гипотезе де Бройля, предложенной им в 1924г., 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:

$$\lambda = \frac{h}{p}. \quad (1.3)$$

Необходимо подчеркнуть, что волны де Бройля по природе отличаются и от механических, и от электромагнитных волн, с которыми мы хорошо знакомы. Гипотеза де Бройля получила экспериментальное подтверждение в 1927г.

В опытах Джермера и Девиссона на изучении рассеяния электронов на монокристалле никеля было доказано существование волновых свойств электронов.

Нами предлагается компьютерная модель при обучении фундаментальных вопросов квантовой физики, где излагается методика изучения опыта Джермера-Дэвиссона. Компьютер не только имитирует физические явления, но и одновременно является средством его изучения.

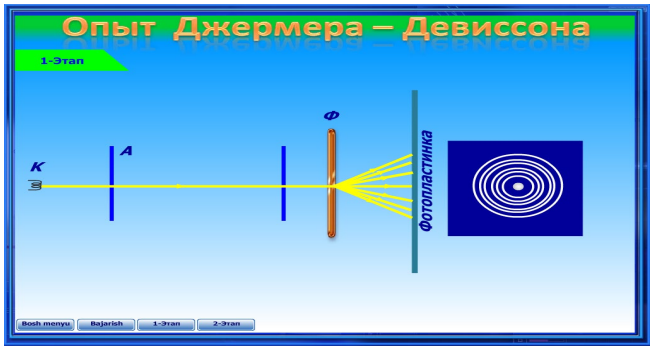

Рис. 3 Модель. Опыт по дифракции электронов

Наличие волновых свойств электрона не связано с их совокупностью, а является 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. Вероятность попадания электронов, прошедших через вещество, в ту или иную точку экрана определяется волновыми свойствами электронов, т.е. наличием у них дебройлевской волны. Образование дифракционной картины происходит при индивидуальном прохождении электронов через вещество. Вероятность попадания электронов, прошедших сквозь вещество в ту или иную точку экрана, определяется волновыми свойствами движущихся электронов, т.е. наличием у них дебройлевской волны.

ЛИТЕРАТУРА:

1.Джораев М. Вероятностно-статистические идеи в преподавании физики.- Т.: Фан,1992.- 124 с.
2. Бабанский Ю.К. Опимизация процесса обучения.- М.:Педагогика,1997.-175 с.
3. Гальперин П.Я. Психология мышления и учение о поэтапном формировании умственных действий.- М.: Наука, 1966.- 278 с.

Андижон муҳандислик иқтисодиёт институти
2010 йил 30 апрелда қабул қилинган
(Тақризчи: проф. С.З.Зайнобидинов)