

АТОМ ОТ ДЕМОКРИТА ДО БОРА

Мысль о том, что вещество построено из мельчайших частиц, высказывалась еще древнегреческими учеными. Атомистические представления лежали также в основе естественной философии римского поэта и философа Лукреция, жившего в первом веке до нашей эры. Атомистические представления о природе веществ не намного продвинулись вперед за последующие 18 веков, прошедших со времен Лукреция. Труды Джона Дальтона об атомистической теории были опубликованы в период 1803-1807 гг., и основывались на экспериментальных наблюдениях. Новую модель атома в 1903 г. предложил Джозеф Джон Томсон, создав ее вскоре после открытия им же в 1895-1897 гг. электрона. Согласно этой модели, отрицательные электроны, образуя правильные конфигурации, «плавают» в эфирной среде, заряженной положительно. О существовании положительного ядра атома он тогда ничего не подозревал; ядро было открыто несколько лет спустя. В 1911 г. Эрнест Резерфорд своими знаменитыми опытами по рассеянию альфа-частиц доказал существование в атомах положительно заряженного ядра. На основе результатов опытов он предложил планетарную модель атома, согласно которой атом состоит из тяжелого положительно заряженного ядра очень малых размеров, вокруг которого по некоторым орбитам движутся электроны. Эта модель встретила полное недоумение, так как она противоречила некоторым тогдашним, казавшимся незыблемыми, основам физики. Резерфорд, конечно, понимал, что на основе максвелловской теории электроны, вращаясь вокруг ядра, неминуемо должны испускать свет, терять свою кинетическую энергию и рано или поздно упасть на ядро. Идти вразрез с основами максвелловской теории в то время было чрезвычайно трудно. Поэтому модель атома Резерфорда вначале не была признана. Через два года к Резерфорду приехал работать молодой датский ученый Нильс Бор. Они часто обсуждали эту модель атома. Для Бора также было ясно, что принципы строения этой модели не находятся в соответствии с теми законами, которые было принято тогда считать основными. И Бор начал работать над этим парадоксом. Нильс Бор утверждает: «Каким бы ни было изменение законов движения электронов, представляется необходимым ввести в эти законы величину, чуждую классической электродинамике, то есть постоянную Планка», или, как ее часто называют, элементарный квант действия. Действие (а вместе с ним и совпадающий с действием по размерности момент количества движения), если встать на точку зрения теории Планка, могло принимать только значения, кратные \hbar . Это означало, что из непрерывного множества всех возможных с точки зрения классики орбит электронов (орбит любого радиуса) отбиралось дискретное множество орбит. Бор назвал их стационарными орбитами, соответствовавшими стационарным состояниям атома. Все возражения против модели Резерфорда, по словам Бора, можно устранить, если допустить, что: «1) динамическое равновесие систем в стационарных состояниях может обсуждаться с

помощью обычной механики, в то время как переход систем между различными стационарными состояниями не может трактоваться на этой основе; 2) последний процесс сопровождается испусканием излучения, для которого соотношение между частотой и количеством испущенной энергии дается теорией Планка». Это и есть знаменитые постулаты Бора, вокруг которых вплоть до 1925 г. концентрировалось развитие теоретической атомной физики. Согласно идее Бора электрон, находясь на стационарной орбите, не излучает. Излучение (или поглощение) происходит лишь тогда, когда он переходит с орбиты на орбиту. Но все дело в том, что, в общем-то, достаточно даже небольшого изменения внешних условий (напряженности магнитного или электрического поля, температуры вещества и т. д.) для того, чтобы электрон вышел из стационарного состояния и испустил квант света. На деле, однако, этого, как известно, не происходит. Почему? Согласно адиабатической гипотезе, выдвинутой Эренфестом [1, С. 71.], бесконечно медленное (адиабатическое) изменение внешних условий не ведет к изменению величин действия, которые как раз и квантуются в теории Бора, то есть принимают значения, кратные числу квантов действия. Иными словами, эти величины являются адиабатическими инвариантами. А поскольку изменение внешних условий в большинстве случаев можно считать бесконечно медленным по сравнению с движениями электронов в атоме понятно, почему такое изменение не переводит электрон с одной орбиты на другую.

Даже в те времена возможным был и другой путь, который легко бы привел к объяснению спектров излучения атомов водорода. Будем рассуждать так: в природе есть ряд фундаментальных физических величин, таких как импульс, энергия, момент импульса. Для замкнутых систем они сохраняются, что является основой, по крайней мере, классической физики (другой тогда и не было). Планк объяснил законы равновесного теплового излучения, введя квантование энергии из чисто математических соображений. Таким образом, энергия атома не только сохраняется, но и квантуется, $E = n\hbar\omega$, $n = 1, 2, \dots$ (ω – частота излучения). Что касается импульса, то исходя из планетарной модели атома Резерфорда, он не может сохраняться. Остается проанализировать момент импульса электрона и чисто формально предположить его квантование, то есть записать $mvr = n\hbar$, где m и v – масса и скорость электрона, а r – радиус орбиты. Если к этому уравнению добавить уравнение движения электрона вокруг ядра: $m\frac{v^2}{r} = k\frac{e^2}{r^2}$ (e – заряд электрона, а k – постоянная) и выражение для полной энергии

электрона в атоме: $E = -ke^2/2r$, то, решая их совместно, тут же получим боровское выражение для энергии электрона в атоме водорода

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ эВ.}$$

Такой формальный подход, как видим, привел бы к тем же последствиям, что и адиабатическая гипотеза Эренфеста.

Литература:

1. Эренфест, П. Относительность. Кванты. Статистика / П. Эренфест. – М. : Наука, 1972. – 366 с.

Александрова Л. Н.

ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ НАУКИ

Методологический принцип дополнительности был сформулирован Н. Бором в процессе разработки квантовой механики. Суть данного принципа заключается в применении взаимоисключающих понятий для анализа противоречивых свойств квантовых объектов: «Пространственная непрерывность нашей картины мира распространения света и атомизм световых эффектов являются дополнительными аспектами в том смысле, что они одинаково объясняют важные черты световых явлений, которые никогда не могут быть приведены в непосредственное противоречие друг с другом, т.к. их глубокий анализ требует взаимоисключающих экспериментальных устройств» [1, С. 5]. В интерпретации Н. Бора, принцип дополнительности имеет универсальное методологическое значение для науки и выходит далеко за пределы квантовой физики: «Цельность живых организмов и характеристики людей, обладающих сознанием, а также человеческих культур, представляют черты целостности, отображение которых требует типично дополнительного способа описания» [2, С. 530].

Современная наука, приступив к изучению сверхсложных, многоуровневых объектов, столкнулась с дефицитом методологического инструментария. В данном контексте принцип дополнительности представляется как ценный, результативный и перспективный для разработки комплексных, многоаспектных проблем постнеклассической науки.

Рассмотрим возможности применения принципа дополнительности в философской антропологии. Диалектическая интерпретация данного принципа нацеливает на целостное восприятие человека, независимо от разных и противоположных свойств, выделяемых и изучаемых различными науками: от естествознания до психологии и социологии. До сих пор в науке и философии присутствует механистическая несвобода от разноаспектного изучения человека. До сих пор не достигнуто синтеза огромного накопленного материала о человеке. Подвергаются нападкам попытки «соединить несоединимое», например, биологическую, психологическую и социальную трактовки человека.

Человек – это микрокосм – не нахожу ничего более точного, позитивного, продуктивного, перспективного и альтернативного данной античной методологической позиции. Человек представляет собой воплощение всей Вселенной. Но как мало мы знаем о Вселенной, так же мало мы знаем и о человеке. Существует огромное количество наук, изучающих «свои» аспекты этих глобальных систем (метаобъектов), но сведение их воедино – до сих пор отдаленная пер-