

УДК: 539.18 (575.2) (04)

Турукманов К., Апсаматова Э.Дж.
КНУ им. Ж.Баласагына / Ж. Баласагын атындагы КУУ
Turukmanov K., Apsamatova E.D.
J. Balasagyn KNU

Диалектическая физика и ее современное значение
Диалектикалык физика жана анын заманбап мааниси
Dialectical physics and its modern meaning

Аннотация. В данной статье была сделана попытка раскрыть диалектический характер явлений микромира, мира элементарных частиц, изучением которых занимается квантовая механика. На основе квантово-полевой картины мира возникли две принципиально новые теории: теория излучения Планка-Эйнштейна и теория атома Бора. Микромир имеет отличные от макромира не только количественные, но и качественные характеристики. Ему присущи такие свойства и качества, которые в макромире не существуют.

Аннотация. Бул макалада микродүйнөнүн, элементардык бөлүкчөлөр дүйнөсүнүн кубулуштарынын диалектикалык табиятын ачууга аракет жасалган. Микродүйнө жөнүндөгү илим кванттык механика деп аталат. Кванттын негизинде – дүйнөнүн талаа картинасы, эки принципалдуу жаңы теория пайда болду: Планк-Эйнштейндин нурлануу теориясы жана Бордун атом теориясы. Микродүйнө макродүйнөдөн айырмаланган сандык гана эмес, сапаттык мүнөздөмөлөргө да ээ. Ал макро ааламда жок касиеттерге жана сапаттарга ээ.

Abstract. In this article, an attempt was made to reveal the dialectical nature of the phenomena of the microworld, the world of elementary particles. The science of the microworld is called quantum mechanics. Based on the quantum-field picture of the world, two fundamentally new theories have emerged: Planck- Einstein's theory of radiation and Bohr's theory of the atom. The microworld has not only quantitative but also qualitative characteristics that differ from the macroworld. It possesses such properties and qualities that do not exist in the macrocosm.

Ключевые слова: вероятность, дуализм, микромир, принцип дополнительности, элементарные частицы, волна корпускула, принцип неопределенности, фотоэффект, дуализм волны и частицы, квантовая теория поля.

Урунттуу сөздөр: ыктымалдуулук, дуализм, микродүйнө, толуктоо принциби, элементардык бөлүкчөлөр, толкун корпускуласы, белгисиздик принциби, фотоэффект, толкун жана бөлүкчөлөрдүн дуализми, талаанын кванттык теориясы.

Keywords: Probability, dualism, microcosm, principle of complementarity, elementary particles, Wave corpuscle, uncertainty principle, photoelectric effect, dualism of wave and particle, quantum field theory.

В истории физики существовали три физические картины мира, обусловившие три этапа в развитии теоретического познания мира. Первая физическая картина мира была *механической*. Она оформилась во времена Галилея и Ньютона, просуществовав более двух столетий. На всем протяжении этого времени, несмотря на то, что в физике накапливались новые опытные данные и возникали новые понятия, теории, форма физической картины мира почти не менялась, сохранилось представление о мире, как о механической системе, обладающей корпускулярной структурой.

Второй физической картиной мира была *электродинамическая*. Она возникла в последние десятилетия XIX в.

Уже в начале XX в. появилось несоответствие между электродинамической картиной мира и новыми открытиями физики. В связи с этим стали складываться первые элементы третьей в истории физики картины мира – квантово-полевой.

В процессе объяснения электрических и оптических явлений механическая картина мира встретила с еще большими трудностями. По мере введения в физику новых понятий расширились материалистические представления о природе, все более назревала необходимость удалить из физики метафизические основы картины мира и заменить их диалектическими.

Если недостатком механической картины мира была абсолютизация корпускулярных, вещественных представлений о материи, то недостатком электродинамической картины мира была абсолютизация континуальных представлений материи (материя сводилась к полю).

Квантово-полевая картина мира. В настоящей статье сделана попытка раскрыть диалектический характер явлений микромира, мира элементарных частиц. Наука о микромире называется квантовой механикой. Микромир – это мир чрезвычайно малых размеров, где элементарные частицы движутся со скоростью света ($C=300000$ км/сек), а время существования исчисляется миллиардными долями секунды и размер которых от 10^{-14} до 10^{-8} см.

Уже в начале XX в. возникло несоответствие между электродинамической картиной мира и новыми открытиями в физике. В связи с этим стали складываться первые элементы третьей в истории физики картины мира – квантово-полевой, на основе которой возникли две принципиально новые теории: теория излучения Планка-Эйнштейна и теория атома Бора. Согласно квантовой картине мира, сложившиеся в 20-30-е годы XX в., мир рассматривался как единая всеобъемлющая квантовая система, некоторые элементы которой могут обладать релятивистскими свойствами. Квантово-полевая картина мира способствовала бурному развитию теоретической физики. Однако в середине XX в. в связи с развитием физики элементарных частиц становилось все более ясно, что дальнейшее развитие физики невозможно без существенного расширения нашей физической картины мира.

В развитии физической картины мира имеется определенная преемственность. Так, многие понятия и принципы из механической картины мира перешли в электродинамическую, получив в ней свою особую, более глубокую интерпретацию (например, понятие массы, инерции, тяготения). Также многие электродинамические релятивистские понятия и принципы перешли в квантово-полевую картину. В этом ярко проявляется диалектическое отрицание в научном познании. Попытка Эйнштейна построить единую теорию поля осталась незавершенной в рамках электродинамической картины мира, но она была полезной в поисках единой теории элементарных частиц на основе квантово-полевой картины мира.

В тот период, когда в умах ученых господствовала электродинамическая картина мира, возникали различные неразрешимые проблемы. Так, явление фотоэффекта (1887 г.) теоретически не удалось объяснить. Была не ясна природа рентгеновских лучей, α и β излучений. Возникали непонятные расхождения теории с опытом при определении теплоемкости, сложная ситуация сложилась в теории излучения («Ультрафиолетовая катастрофа»).

Занявшись проблемой излучения, М. Планк пытался вывести формулу на основе электродинамических представлений, но он был вынужден отказаться от ее строго творческого вывода и получил формулу полуэмпирическим путем, которая к удивлению ее создателя, оказалась в хорошем соответствии с опытом. Он выдвинул особую гипотезу (которая первоначально казалась странной ему самому): излучение электромагнитных волн происходит скачками, порциями. Тогда как, согласно электродинамике Максвелла, осциллятор излучает непрерывно. Гипотеза Планка о квантовом характере излучения положила начало переходу от электродинамической к новой квантово-полевой картине мира.

После Планка второй шаг в направлении разрушения электродинамической картины мира был сделан Эйнштейном. В работах по теории излучения он заложил основы квантово-полевого понимания материи. В работах 1905-1906 годов Эйнштейн впервые выдвинул идею о поле излучения материи, состоящей из квантов-фотонов [1, с.167]. Он исходил из предположения Планка о существовании дискретных состояний излучателя. Отсюда, естественно было допустить, что и само излучение состоит из квантов (фотонов). С другой стороны, такое понимание излучения согласовалось с опытными данными о фотоэффекте и некоторыми другими опытами, относящимися к испусканию и поглощению света веществом. Понимание поля излучения как совокупности фотонов давало возможность рассмотреть электромагнитное поле как статистическую систему, состоящую из большого числа частиц, что сближало понятия поля и вещества, рождало диалектические идеи о необходимости сочетания частицы и волны, кванта и поля, прерывного и непрерывного.

Главное значение квантово-полевой картины мира состоит в том, что она определила третий этап в развитии физики. Этот этап начался с появлением квантовой механики и продолжается в современном построении квантово-полевых теорий.

Вывод. Если при механической картине мира материя отождествлялась с веществом, состоящим из корпускулярных частиц, то при электродинамической – она сводилась к полю. А квантово-полевая картина мира установила два вида материи: вещественную и полевою, из которых состоит все многообразие природы. Причем механическая картина мира носила отпечаток метафизического материализма, а электродинамическая картина имела уже больше элементов стихийной диалектики. Естественно, ее расширение происходило под влиянием научного материализма. В квантово-полевой картине мира фактически был использован диалектический синтез существовавших ранее односторонних философских представлений. Таким образом, в развитии физической картины ясно прослеживается переход от метафизически-материалистических к диалектико-материалистическим представлениям о природе.

Именно от формулы Планка и появившейся в ней постоянной Планка h квантовая механика отсчитывает свою историю. К ней стали относить все теории, использовавшие h .

Еще один парадокс – парадокс устойчивости атома – состоял в том, что результаты опытов Резерфорда о столкновении частиц с атомами указывали на то, что атомы содержат маленькое положительное ядро, в поле которого движутся электроны. Отсюда вытекала планетарная модель атома Резерфорда (1911 г.).

Важным нововведением стала корпускулярно-волновая модель света, предложенная Эйнштейном в его квантовой теории фотоэффекта 1905 г.

Строя теорию фотоэффекта он в статье «Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и превращения света (1905), ввел представления о свете, состоящем из квантов с энергией $E=h\nu$. Согласно этой модели, один квант света

выбивает один электрон, для чего требуется энергия кванта $E=h\nu$, большая энергия связи электрона в атоме. Обсуждение гипотезы квантов, как способа решения этих парадоксов, и, особенно, дискуссия Эйнштейна и Лоренса по поводу гипотезы распространения квантов света согласно волновой теории (это проявлялось в явлениях интерференции и дифракции), а поглощения как частицы.

Возникло формальное логическое противоречие: для объяснения одних явлений необходимо было считать, что свет имеет волновую природу, а для объяснения других – корпускулярную. По существу, разрешение этого противоречия и привело к созданию физических основ квантовой механики («новой» – А.Л.) - пишет В.Б. Берестецкий. В начале 1920-х годов французский физик Луи де Бройль предположил, что и частицы материи тоже распространяются как волны.

Возникновение квантовой физики – процесс длительный и постепенный, который занял свыше 25 лет. От первого возникновения понятия кванта до разработки так называемой копенгагенской интерпретации квантовой механики прошло 27 лет, заполненных интенсивной работой ученых всей Европы. В развитии и понимании квантовой теории приняли участие очень многие люди, как старшего поколения – Макс Борн, Макс Планк, Пауль Эренфест, Эрвин Шредингер, так и совсем молодые, ровесники квантовой гипотезы – Вернер Гейзенберг (1901 г.), Вольфганг Паули (1900 г.), Поль Дирак (1902 г.) и т.д.

Квантовая механика адекватно описывает основные свойства и поведение атомов, ионов, молекул конденсированных сред и других систем с электронно-ядерным строением. Квантовая механика также способна описывать поведение электронов, фотонов и других элементарных частиц в рамках квантовой теории поля. Эксперименты подтверждают результаты, полученные с помощью квантовой механики.

Основные уравнения квантовой динамики – уравнение Шредингера, уравнение Фон-Неймана, уравнение Линдблада, уравнение Гейзенберга и уравнение Паули.

Эти уравнения тесно связаны со многими разделами математики, среди которых теория операторов, теория вероятностей, функциональный анализ, операторные алгебры, теория групп.

Эталон для построения научной теории называется парадигмой. Смысл научных революций заключается не в смене одной фундаментальной теории другой под влиянием новых фактов, а в смене научных парадигм.

Постоянная Планка – основная константа квантовой теории, коэффициент, связывающий величину энергии кванта электромагнитного излучения с его частотой, так же и вообще величину кванта энергии любой линейной колебательной физической системы с ее частотой.

Формула $E=hf$, где E – энергия, h – постоянная Планка, f – частота.

Постоянная Планка определяет границу между макромиром, где действуют законы механики Ньютона, и микромиром, где действуют законы квантовой механики.

В современном представлении постоянная Планка – это мера, которая отделяет классическую физику от квантовой.

$$E=h\nu, \text{ где } h=6,63 \times 10^{-34} \text{ Дж.с.}$$

Метафизическое мировоззрение поколебали великие открытия, совершенные на рубеже XIX- XX вв. Открытие радиоактивности, опровергло учение о непроницаемости атома, открытие электрона сняло тезис о его неделимости, открытие рентгеновского излучения доказало возможность превращения вещества в поле. Была установлена изменчивость массы тела в зависимости от скорости.

Научные труды Планка посвящены термодинамике, теории теплового излучения, квантовой теории, специальной теории относительности, оптике. Он сформулировал второе начало термодинамики в виде принципа возрастания энтропии и использовал его для решения различных задач физической химии. Применив к проблеме равновесного теплового излучения методы электродинамики и термодинамики, Планк получил закон распределения энергии в спектре абсолютно черного тела (формула Планка) и обосновал этот закон, введя представление о квантах энергии и кванте действия. Это достижение положило начало развитию квантовой физики, разработкой различных аспектов которой он занимался в последующие годы («вторая теория» Планка, проблема структуры фазового пространства, статистическая механика квантовых систем и т.д.). Планк впервые вывел уравнения динамики релятивистской частицы и заложил основы релятивистской термодинамики. Ряд работ Планка посвящен историческим, методологическим и философским аспектам науки.

Современное значение диалектической физики состоит в глубоком изучении явлений микромира, мира элементарных частиц и полей (электромагнитное, ядерное и гравитационное).

Новые физические объекты – электрон, протон, нейтрон и др. – являются более мощным средством познания, которые способствуют проникновению в тайны, глубоко скрытые от нашего прямого восприятия и недоступных наглядному представлению областей природы, т.е. микромира.

Вкратце рассмотрим современное состояние квантово-полевой картины мира и перспективы дальнейшего развития физических теорий.

1. Значение квантово-полевой картины мира нельзя абсолютизировать, ибо ее подлинное значение состоит не в том, что она дала какую-то универсальную и окончательную картину природы. Квантово-полевые представления также развиваются, как развивались электродинамические и механические представления, и подобно тому, как в начале нашего века квантово-полевая картина мира сменила электродинамическую, через некоторый промежуток времени какая-то новая физическая картина мира, четвертая в историческом ходе развития физики, неизбежно придет на смену нашей современной квантово-полевой картины мира.

Главное значение квантово-полевой картины мира состоит в том, что она определила третий этап в развитии физики. Этот этап начался с появления квантовой механики и продолжается в современном построении квантово-полевых теорий. По мере своего развития квантово-полевая картина мира создавала новые возможности для построения физических теорий и по мере их развития развивалась сама. Анализируя ход ее развития, можно сделать вывод, несмотря на то, что она прошла через две стадии своего развития, возможности ее расширения еще не исчерпаны.

2. На первой стадии, характеризующейся гипотезой Планка, построением теории атома Бора и зарождением первых квантово-полевых представлений (гипотеза де Бройля, оптико-механическая аналогия и т.д.), начало складываться квантово-полевое понимание материи, движения, взаимосвязи и взаимодействия, на основе чего была построена квантовая механика Шредингера-Гейзенберга. Хотя первоначальные квантовые представления были еще нечетко сформулированными, мало разработанными, новое в понимании материи (понятия квантовой частицы и поля волновой функции), взаимосвязи и взаимодействия (волновое уравнение, квантованность состояний и т.д.) было выражено отчетливо. Но еще не было ясно, какие представления о пространстве и времени соответствуют новым квантовым понятиям.

С первой стадией развития квантово-полевой картины мира связано построение многочисленных применений квантовой механики.

Вторая стадия развития квантово-полевой картины мира характеризуется ее сочетанием с релятивистскими представлениями. После создания квантовой механики казалось, что ее синтез с теорией относительности приведет к всеобъемлющей квантовой теории. Построения Дирака и дальнейшие успехи квантовой электродинамики, как будто, вели к реализации этой возможности, однако в связи с углублением и расширением квантово-полевого понимания материи, движения и взаимодействия, вызванными следующими одно за другим экспериментальными открытиями (открытие все новых элементарных частиц и их все более необычных свойств), оказалось, что область квантовой электродинамики ограничена взаимодействиями легких частиц и, что ее понятия и методы недостаточны для построения теорий сильных и слабых взаимодействий.

Как было сказано выше, попытки построения последовательной теории сильных взаимодействий, продолжающихся на протяжении последних 30-ти лет, в рамках релятивистских квантовых представлений привели ко многим интересным результатам, однако совсем не оправдали первоначальных надежд. Как пишет К. Ландау: «Хорошо известно, что теоретическая физика в настоящее время почти беспомощна в проблеме сильных взаимодействий» [2, с.285].

Важно учесть, что достигнутые отдельные успехи в построении теории специфических квантовых процессов, сильных и слабых взаимодействий, объясняются не столько применением релятивистских понятий и методов, сколько выходом за их пределы. В особенности это проявилось в попытках построения квантовой теории поля.

Перспективы дальнейшего развития физических теорий связаны с необходимостью дальнейшего расширения квантово-полевой картины мира. Фактически за последнее десятилетие наметились пути перехода от второй к третьей стадии развития квантово-полевой картины мира.

Это третья стадия должна характеризоваться осознанием ограниченности (по отношению к квантовым явлениям) релятивистских представлений о пространстве и времени и заменой их более глубокими, специфически квантовыми. Они должны полностью соответствовать тем квантово-полевым представлениям о материи, взаимосвязи и взаимодействии, которые постепенно разрабатывались в процессе развития физики элементарных частиц, в особенности за последнее время.

Уже сейчас можно говорить о необходимости пересмотра существующих принципов построения квантово-полевых теорий. Главной особенностью намечающегося в настоящее время пересмотра основных понятий является переход к более широким представлениям о пространстве и времени, иначе говоря, выход за пределы принимаемых до сих пор релятивистских представлений.

Говоря об основных направлениях в современных попытках построения квантово-полевых теорий, В.П. Берестецкий отмечает три тенденции: введение нелокальных взаимодействий, введение indefinitной материи в гильбертовом пространстве и квантование пространства и времени [3, с.330]. Все эти направления ведут к новым, специфически квантовым представлениям о пространстве и времени.

Для того, чтобы такой пересмотр основных положений и поиски новых принципов построения теорий проходили более успешно и быстро, необходимо учитывать основные тенденции в расширении физической картины мира. В данном случае нужно, прежде всего, критически отнестись к основным релятивистским

положениям, не следовать за ними слепо. Так, сомнительно, чтобы при введении не локальности взаимодействий сохранилось требование подчинения их лоренцовой инвариантности. Сомнительно сохранение релятивистского понимания причинности в малом. Во всех подобных случаях нельзя исключать возможность и всех других основных понятий. Это понимание следует искать в таком виде, который максимально бы соответствовал сложившемуся квантово-полево-материальному пониманию материи, движения, взаимосвязи и взаимодействия.

Согласно общим положениям, высказанным выше, с нахождением такого соответствия все возможности дальнейшего расширения физической картины мира исчерпываются. Следовательно, третья стадия расширения современной квантово-полевой картины мира должна быть для нее последней. Учитывая же сроки развития различных стадий предыдущих физических картин мира можно сделать вывод, что третья стадия развития квантово-полевой картины мира не продлится более двух-трех десятилетий. За это время должны быть созданы последовательные квантово-полевые теории, охватывающие все известные нам частицы и их свойства.

После исчерпания возможностей квантово-полевой картины мира в построении новых теорий можно ожидать возникновения принципиально новых физических представлений о материи, еще более глубоких и диалектичных, чем квантово-полевые. Тем самым будут заложены основы для новой физической картины мира, которая определит собой четвертый этап в развитии физических теорий.

Список литературы:

1. Эйнштейн А. «Старая квантовая теория первой четверти XX века. – М., 1905.
2. Ландау Л.Д. Фундаментальные проблемы. Теоретическая физика 20 века. – М., 1962.
3. Берестецкий В.П. Квантовая теория полей // Физический энциклопедический словарь. – Т. 2. – М. 1962.

***Рецензент:** Саралаев К.К. – доктор философских наук, профессор Института философии НАН КР*