

ФИЛОСОФИЯ, СОЦИОЛОГИЯ, ПОЛИТОЛОГИЯ

УДК 167.7

E.A. Безлепкин

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда РГНФ (проект № 13–03–00065).

Проиллюстрированы отношения преемственности квантовой механики с классической физикой. Показано, что, во-первых, концепция преемственности и принципа соответствия Бора были необходимыми средствами построения квантовой теории на начальном этапе развития; во-вторых, некоторые концепции классической физики использовались как для построения квантовой теории, так и для ее обоснования. Таким образом, квантовая механика есть синтез старых классических концепций и нового неклассического (физического и математического) содержания.

Ключевые слова: квантовая механика; классическая физика; преемственность; соответствие; непрерывность; дискретность; физический принцип.

Постановка проблемы¹. В первом параграфе курса квантовой механики Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица написано: «...квантовая механика занимает очень своеобразное положение в ряду физических теорий – она содержит классическую механику как свой предельный случай и в то же время нуждается в этом предельном случае для самого своего обоснования» [1. С. 16]. Этот тезис далее остается не раскрытым, поскольку для этого требуется провести историческое исследование становления квантовой теории. Статья представляет попытку доказать это положение, прибегая к общему историческому обзору. Наше внимание будет уделено философской и методологической стороне: мы рассмотрим те принципы и концепции, которые квантовая механика заимствовала из классической физики.

Классическую физику можно очертить следующим минимальным набором принципов:

1) **непрерывность** (при переходе между состояниями физическая система проходит бесконечное множество переходных состояний, при этом параметры системы меняются непрерывно и могут принять любое значение);

2) **детерминизм** (математическая форма физических законов позволяет однозначно определить любое временное состояние объектов по их состоянию и начальным условиям в некоторый момент времени);

Квантовую физику можно очертить иным минимальным набором принципов:

1) **дискретность** (физическая система находится в суперпозиции нескольких состояний; измерение системы «скачком» переводит ее в определенное состояние, параметры которого принимают только определенные значения из ряда);

2) **неопределенность** (существует предел точности одновременного определения пары сопряженных переменных, характеризующих квантово–механическую систему).

Н. Бор характеризует принцип дискретности следующим образом: «Квантовая теория характеризуется признанием принципиальной ограниченности классических физических представлений в применении к атомным явлениям... каждому атомному процессу

свойственна существенная прерывность или, скорее, индивидуальность, совершенно чуждая классической теории» [2. С. 30]. Он подчеркивает, что этот принцип отрицает основополагающий принцип непрерывности классической физики.

В. Тейзенберг характеризует принцип неопределенности так: «...невозможно одновременно с произвольной точностью определить место и скорость атомной частицы» [3. С. 127]. Это означает, что принцип неопределенности онтологически и эпистемологически ограничивает классический принцип детерминизма.

Таким образом, сравнивая базовые принципы классической и квантовой физик, мы можем констатировать их противоположность, что в свое время явилось причиной отказа от многих классических концепций (например, понятия о траектории частицы, строгого детерминизма). Однако история физического познания показывает, что при создании квантовой физики ученые заимствовали многие положения классической физики. Использование в основе новой теории некоторых опытно проверенных и математически обоснованных классических положений в то же время служило для обоснования квантовой теории. Вследствие этого происходило выстраивание отношений преемственности между классическими и неклассическими концепциями.

Макс Планк и принцип дискретности. Начало квантовой механике положил М. Планк, введя первую квантовую гипотезу о том, что энергия является дискретной величиной. Эта гипотеза возникла для объяснения распределения энергии в спектре испускания абсолютно черного тела. Формулы, полученные на основе представлений классической физики, расходились с опытом, что свидетельствовало о существовании закономерностей, несовместимых с классической физикой. Планк писал: «В стремлении достигнуть понимания экспериментальных фактов на основе обоих начал термодинамики я пришел к радикальной гипотезе, что множество состояний, в которых может находиться колеблющаяся излучающая система, является дискретным, счетным, а различие между двумя такими состояниями характеризуется одной универ-

сальной постоянной, элементарным квантом действия» [4. С. 512]. Планк ввел предположение, что энергия дискретна и пропорциональна кванту действия: $\epsilon = hv$ [4. С. 290]. С помощью этого предположения он вывел формулу, описывающую спектр испускания абсолютно черного тела, которая *обобщила формулы Релея и Вина*, полученные на основе представлений классической физики.

Концепция кванта действия (постоянная Планка) происходит из классической термодинамики следующим образом. Тепловое излучение подчиняется второму началу термодинамики (энтропия), которое описано с помощью термодинамических понятий. После теории Максвелла и опытов Герца ученые признали, что тепловое излучение имеет электродинамическую природу. Принятие этого положения способствовало поиску, кроме термодинамического, также электромагнитного определения энтропии. В определении, данном Планком, содержалась константа « h », размерность которой «энергия*время», т.е. «действие» – отсюда название – «квант действия».

Таким образом, постоянная Планка возникла как результат редукции термодинамических концепций к электромагнитным. Впоследствии она была интерпретирована квантово-механически как коэффициент пропорциональности между энергией и частотой излучения ($\epsilon = hv$). Методологически причиной введения кванта действия послужила ограниченность классической теории в области описания новых явлений. Поэтому и формула Планка для спектра излучения черного тела, содержащая квант действия, получена как синтез классических концепций и квантовых представлений.

Луи де Бройль и вариационные принципы классической физики. Введение понятия кванта действия привело к противоречию между непрерывными и дискретными представлениями в физике. Решить это противоречие удалось Луи де Бройлю, которого можно считать основателем волновой механики, так как из его идей, во-первых, выводятся условия устойчивости атомов (основания теории Бора); во-вторых, выводится основное уравнение волновой механики (уравнение Шредингера – основа волновой механики).

В основе идей де Бройля лежат два предположения, которые обобщают идеи классической физики: во-первых, объединение оптического и механического вариационных принципов; во-вторых, объединение энергетических концепций релятивизма и квантов (релятивистское $E_0 = mc^2$ и квантовое $E_0 = hv$).

Первое объединение можно назвать гипотезой корпускулярно-волнового дуализма. Оно возникло на основе оптико-механической аналогии У. Гамильтона, по которой «классическую механику можно рассматривать как аналог геометрической оптики» [5. С. 341]. Из сопоставления механического и оптического вариационных принципов можно сделать вывод, что возможные динамические траектории частицы идентичны с возможными лучами волны. Таким образом, де Бройль предположил, что корпускулярный и волновой способ описания распространения вещества аналогичны. Отсюда возникает первое объ-

единение, из которого следует вывод о существовании волн вещества.

По поводу второго объединения приведем высказывание де Бройля: «Рассмотрим движущееся со скоростью $v = \beta c$ ($\beta < 1$) тело с собственной массой m_0 . В соответствии с принципом инертности энергии это тело должно обладать внутренней энергией, равной $E = m_0c^2$. Вместе с тем принцип квантов заставляет приписать эту энергию некоему синусоидальному процессу с частотой v_0 , для которой справедливо соотношение $hv_0 = m_0c^2$ » [7. С. 178]. Следовательно, описание движения объекта (например, электрона) можно представить не только с точки зрения корпускулярной теории, но и с точки зрения волновой теории, что расширяет сферу применимости волновых процессов и делает квантовую теорию более общей и в то же время универсальной теорией.

Таким образом, квантово-механические концепции де Бройля, как и концепции Планка, возникли как синтез положений классической (вариационные принципы) и квантовой (постоянная Планка) физики.

Первая квантовая теория Эрвина Шредингера. Э. Шредингер, развивая идеи де Бройля, получил основное уравнение волновой механики, которое является синтезом корпускулярного и волнового описаний квантово-механического объекта. Уравнение Шредингера, во-первых, является уравнением волны, однако описывает динамику квантовой частицы; во-вторых, основано на вариационном принципе Гамильтона (вариационные принципы заключают в себе «синтез континуального и дискретного аспектов движения и являются выражением обобщенного принципа причинности в физике» [6. С. 879]).

Исходное положение Шредингера – обобщение гипотезы де Бройля. Шредингер использует вариационный принцип Гамильтона, который рассматривается как уравнение распространения волны (геодезическая). Эта волна описывается произведением непрерывной (волновой) ψ -функции на постоянную Планка, характеризующую принцип дискретности. Поскольку уравнение рассматривается в пространстве конфигураций, поскольку ψ -функция теряет наглядную аналогию.

Э. Шредингер писал: «...естественно связать функцию ψ с некоторым колебательным процессом в атоме, в котором реальность электронных траекторий в последнее время неоднократно подвергалась сомнению» [9. С. 17]. Существование множества интерпретаций квантовой механики связано с рядом многих причин, среди которых отметим следующие:

- 1) не задана авторская интерпретация основных понятий квантовой механики, согласующаяся с классической физикой;
- 2) сторонние интерпретации в большинстве случаев не имеют преемственных отношений с классической физикой.

Таким образом, объектом исследования становится математический символ (ψ -функция), не имеющий онтологического содержания. Эта особенность квантовой механики увеличивает пропасть между классическими объектами, которые могут описываться в терминах интуитивных представлений (например,

идеальный газ как совокупность упругих шариков) и объектами микромира, где подобные представления неприменимы.

Однако отметим, что между уравнением Шредингера и классическим уравнением для энергии Эйнштейна существует тесная взаимосвязь. На основе принципа соответствия, заменяя классические переменные операторами, можно получить из уравнения Эйнштейна уравнение Шредингера. *Наличие этой аналогии позволяет утверждать, что существуют отношения преемственности между классической и квантовой теориями в нерелятивистской области.*

Сделаем выводы. Использование вариационного принципа Гамильтона для вывода основного уравнения волновой механики подчеркивает, во-первых, преемственность классической и квантовой теорий, во-вторых, большую общность квантовой теории (при стремлении постоянной Планка к нулю становится ясно, что «классическая механика является лишь приближением волновой механики» [5. С. 343]).

Уравнение Шредингера изначально выводилось из классических представлений и нуждается в классических представлениях для придачи смысла производным от ψ -функции, которые являются экспериментально наблюдаемыми. Подчеркнем, что ученые, с одной стороны, использовали концепции классической физики для построения квантовой теории, с другой стороны, использование этих концепций одновременно служило обоснованием квантовой теории.

Нильс Бор и принцип соответствия. Методологически квантовая механика вводит новое понимание объекта исследования и требует пересмотра эпистемологических стандартов. Работы Н. Бора как раз были направлены на разработку философского и методологического понимания основ квантовой физики. Бор сформулировал несколько методологических принципов, на основе которых сумел решить многие философские вопросы квантовой механики.

Первый принцип – принцип соответствия. Исходное условие – существование аналогии между классической и квантовой теориями. Бор говорит о возможности представить орбиту электрона как классический эллипс, переход электрона между орбитами (от одного стационарного состояния к другому) характеризуется выделением или поглощением энергии (совершается работа в классическом смысле, или происходит квантовый скачок в квантовом смысле) [2. С. 14]. Таким образом, с помощью принципа соответствия, связывающего классические и квантовые представления, Бор смог объяснить изменение энергии (спектра) атома при его возбуждении (теория работала хорошо только для атома водорода).

Принцип соответствия утверждает, что в предельном случае старая и новая теории должны приводить к одним и тем же результатам, а значит, новая теория в пределе переходит в старую. Поэтому можно считать, что *две теории, связанные принципом соответствия, объединены в том смысле, что новая теория есть расширение и обобщение старой.*

Второй принцип – принцип дополнительности. Выделим два исходных условия. Первое – «как бы

далеко ни выходили явления за рамки классического физического объяснения, все опытные данные описываются при помощи классических понятий» [2. С. 406]. Второе – «поведение атомных объектов невозможно резко ограничить от их взаимодействия с измерительными приборами, фиксирующими условия, при которых происходят явления» [2. С. 406].

Принцип дополнительности утверждает, что «описание физических свойств микроскопических объектов на классическом языке требует использования пар дополнительных переменных, причем каждый член пары определяется тем точнее, чем менее точно определяется другой» [9. С. 154].

Один из основных постулатов классической физики основан на том, что в процессе опыта можно не учитывать взаимовлияние объекта и прибора (поэтому не нужно отграничивать их друг от друга). Принцип дополнительности учитывает обратное (неконтролируемое) влияние, которое в квантовой механике принципиально неустранимо, ввиду чего требуется ограничение прибора от объекта: т.е. между субъектом и объектом существует взаимное действие.

С помощью принципа дополнительности Бор интерпретировал принцип неопределенности Гейзенберга и явление корпускулярно-волнового дуализма.

Первая интерпретация: проводя эксперимент над микросистемой, ввиду неконтролируемости обратного действия объекта на прибор, мы можем точно узнать либо координату объекта, но тогда неконтролируемое обратное действие создаст неопределенность в импульсе, либо наоборот.

По поводу второй интерпретации приведем высказывание М.А. Маркова: «Как различные траектории одной и той же частицы – параболу и прямую – нельзя понимать существующими в данной системе координат, так и точные понятия импульса и координаты классической частицы в применении к микрочастице нельзя представить существующими в данном опыте» [10. С. 23]. В опыте всегда проявляются либо корпускулярные, либо волновые свойства атомной системы, отображаемые соответствующей группой приборов. *То есть количественное выражение принципа дополнительности – это принцип неопределенности.*

Таким образом, *Бор методологически обосновал основные концепции квантовой физики:* принцип дискретности через методологический принцип соответствия связывается с принципом непрерывности; принцип неопределенности оказывается количественным выражением принципа дополнительности. *При этом принципы Бора в своей основе либо включают положения классической физики, либо связаны с этими положениями.*

Формализация квантовой механики (Поль Дирак). Дальнейшее развитие квантовой механики лежало в русле формализации теории. Одна из первых формализаций принадлежит Полю Дираку. Исходное положение теории – всем физическим понятиям сопоставляются математические понятия.

Первым положением Дирак вводит принцип суммирования квантово-механических состояний: любое

состояние системы может быть выражено как суперпозиция (наложение) нескольких новых состояний [11. С. 24]. Принцип суперпозиции является *классическим принципом*, заимствованным из электродинамики. Однако волновая функция складывается из функций взаимоисключающих событий, в то время как электромагнитное поле системы зарядов представляет собой наложение частичных полей от каждого заряда системы.

Вторым положением понятию «состояние физической системы» сопоставляется математическое понятие «вектор». Классическим переменным (координата, импульс и пр.), с помощью которых описывается состояние системы, ставят в соответствие операторы.

Третье положение выражает принцип дискретности. Дирак предположил, что любую систему частиц мы можем характеризовать двумя величинами – либо описанием состоянием системы (вектора состояния), либо описанием переменных системы. Уравнение волновой механики (Шредингера) выводится из предположения, что изменяется система, в то время как переменные, описывающие систему, постоянны. Уравнение матричной механики (Гейзенберга) выводится из предположения, что изменяются переменные, в то время как состояние системы постоянно.

Таким образом, теория Дирака представляет более глубокий подход к описанию неклассических объектов, поскольку она объединила более ранние теории. На основе формализма Дирака была установлена эквивалентность теорий Шредингера и Гейзенберга, было показано, что они восходят к единым физическим и алгебраическим принципам и могут быть сформулированы как варианты представлений квантово-механической системы.

Методологические изменения в квантовой физике. Теперь зафиксируем наиболее яркие методологические положения квантовой механики, которые отличают ее от классической физики.

Первое положение – между прибором и объектом существует неустранимое взаимодействие. Ввиду этого физическая теория для полного описания исследуемого объекта должна включать описание условий познания (квантовая механика делится на теорию замкнутой квантовой системы и теорию измерений). Таким образом, требуется учет динамического отношения исследователя к объекту познания, что чуждо классической методологии.

Второе положение связано с тем, что классическая физика полностью принимала принцип наблюдаемости, однако практика квантовых экспериментов постулировала ненаблюдаемость индивидуального атомного процесса (в первую очередь траектории, что наглядно проявляется в экспериментах с двумя щелями). Отсюда возникло стремление Гейзенберга исключить из его матричной механики все наблюдаемые величины.

Третье положение классической физики – единство мира. Закон всемирного тяготения Ньютона описывал универсальное взаимодействие тел во вселенной и в этом смысле установил через механическую картину мира единство мира. Главный результат – объединение подлунного и надлунного миров (по

Аристотелю). Однако создание релятивистских, а затем квантовых теорий привело к тому, что окружающий мир вновь стал рассматриваться состоящим из качественно разнородных уровней, а именно из микро-, макро- и мегауровней.

Четвертое положение: квантовая механика содержит классическую механику как предельный случай. Это происходит потому, что при создании квантовой механики использовались более общие идеи (физические и математические), которые смогли вобрать в себя и новое квантовое и старое классическое содержание. Это особенно хорошо видно на примере перехода от уравнения Шредингера к уравнению Эйнштейна. Переход ведет не только к изменению математического аппарата, но также и к изменению физических предпосылок: принцип дискретности переходит в принцип непрерывности. Постоянная Планка определяет масштабы, начиная с которых вступает в силу принцип неопределенности Гейзенберга. Можно сказать, что чем больше масса частицы, тем меньше роль квантовых эффектов.

Категории и картина мира квантовой механики. Квантовая механика, прежде всего, изменила понимание мира и те онтологические категории, которыми пользовались ученые.

Классическая модель мира описывает его тремя независимыми категориями: вещество, пространство и время. Квантовая механика описывает мир с помощью двух объединенных категорий: категория массы (частица) и категория поля (волновые свойства частицы) объединены в категорию поля амплитуды вероятности [12. С. 156–158], которая является основной неклассической категорией квантовой механики. Шредингер пишет по поводу этого объединения: «Оба фундаментальных понятия – частицы и их взаимодействие – при объединении оказали влияние друг на друга; если, с одной стороны, произошла атомизация взаимодействия, то, с другой стороны, частица стала полуподобным образованием» [8. С. 258]. Поскольку это поле не является полем классического вида, поскольку и возникают многие «кажущиеся» парадоксы теории.

Категория «пространство – время» выражена классически; пространство – время рассматривается как фон, на котором происходят физические события. Пенроуз пишет: «Существует пространство – время, выполняющее важнейшую функцию арены, на которой разыгрываются всевозможные физические процессы... имеются физические объекты, задействованные в этих процессах, но ограниченные точными математическими законами» [13. С. 179].

Таким образом, две обобщенные категории связаны формулой: «волноподобная» частица движется на классическом пространственно-временном фоне. Первое объединение – частицы и взаимодействия – от квантовой механики, второе объединение – пространства и времени – от специальной теории относительности.

Заключение. В заключение перечислим основные связи квантовой механики с классической физикой.

1. Постоянная Планка (квант действия) является результатом редукции между классическими теория-

ми (теория теплового излучения редуцирована к электромагнитной теории).

2. Представление о корпускулярно-волновом дуализме возникло за счет объединения вариационных принципов классической физики; объединение принципов создает единое основание для классической корпускулярной механики и геометрической оптики.

3. Представление о волнах материи получено за счет объединения нерелятивистской формулы Эйнштейна для энергии и квантовой формулы Планка для энергии ($E_0 = m_0c^2$ и $E_0 = h\nu$).

4. Уравнение Шредингера – синтез классического корпускулярного (классическая механика) и классического волнового (волновая оптика) описаний микроскопического объекта.

5. Принцип соответствия: новая теория есть расширение и обобщение старой, и между ними существуют отношения предельного перехода. Принцип дискретности через методологический принцип соответствия связывается с принципом непрерывности.

6. Принцип дополнительности объединяет классические, «противоположные» описания результатов опытов в одну картину, которая исчерпывает все, что можно знать о квантово-механической системе.

Принцип неопределенности оказывается количественным выражением принципа дополнительности.

Мы проиллюстрировали отношения преемственности между квантовой механикой и классической физикой. История показывает, что развитие квантовых идей происходило при непосредственном влиянии классической физики, поэтому главными эвристическими приемами построения квантовой теории являются две идеи, а именно идея преемственности и идея соответствия, которая выражена в принципе соответствия Бора.

В то же время квантовые теории нуждаются в использовании классических представлений для обоснования и проверки. Это связано с ограничениями, накладываемыми экспериментальной техникой. Будучи классическими наблюдателями, мы взаимодействуем с микросистемой только посредством макроприбора. Следовательно, эпистемологические стандарты верификации научного знания требуют применения классических представлений и для обоснования квантовых теорий.

Таким образом, можно сказать, что квантовая механика есть синтез старых классических концепций и нового неклассического (физического и математического) содержания.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Статья продолжает исследования по выявлению интертеоретических отношений между классическими и неклассическими теориями физики. См. другие работы: Безлекин Е.А. Обобщение классической физики: специальная теория относительности // Философия науки. 2014. № 2 (61). С. 55–65; Безлекин Е.А., Сторожук А.Ю. Реализация идей объединения в ходе разработки общей теории относительности // Философия науки. 2014. № 3 (62). С. 42–53.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика : в 10 т. Т. III : Квантовая механика (нерелятивистская теория). М. : Наука, 1989. 768 с.
2. Бор Н. Избранные научные труды. Т. 2 : Статьи, 1925–1961. М. : Наука, 1971. 674 с.
3. Гейзенберг В. Шаги за горизонт. М. : Прогресс, 1987. 368 с.
4. Планк М. Избранные труды. М. : Наука, 1975. 788 с.
5. Голдстейн Г. Классическая механика. М. : Наука, 1975. 415 с.
6. Полак Л.С. Вариационные принципы механики. М. : Физматгиз, 1959.
7. Броиль Л. де. Волны и кванты // УФН. 1967. № 9.
8. Шредингер Э. Избранные труды по квантовой механике. М. : Наука, 1976. 424 с.
9. Мессиа А. Квантовая механика. М. : Наука, 1978. 478 с. Т. 1.
10. Марков М.А. О трех интерпретациях квантовой механики. М. : Наука, 1991. 112 с.
11. Дирак П. Принципы квантовой механики. М. : Наука, 1979. 480 с.
12. Владимиров Ю.С. Метафизика. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 550 с.
13. Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики. М. : УРСС, 2003. 382 с.

Статья представлена научной редакцией «Философия, социология, политология» 15 марта 2015 г.

METHODOLOGICAL FEATURES OF THE ESTABLISHMENT OF QUANTUM MECHANICS

Tomsk State University Journal, 2015, 395, 40–45. DOI: 10.17223/15617793/395/6

Bezlepkin Evgeniy A. Institute of Philosophy and Law, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: evgeny-bezlepkin@mail.ru

Keywords: quantum mechanics; classical physics; succession; compliance; continuity; discontinuity; principle.

The purpose of the article is to show that quantum mechanics is a synthesis of the old classical concepts and the new non-classical concepts (physics and mathematics). To illustrate the relationship of continuity between classical physics and quantum mechanics, the materials of Planck, Broglie, Schrödinger, Bohr and Dirac are considered. The author begins with a comparative study of the fundamental principles of classical and quantum physics, and concludes that, despite their opposition and irreducibility, scientists tried to adopt the principles of classical physics for constructing quantum mechanics. Survey of Planck's papers showed that Planck's formula for the blackbody spectrum containing the quantum of action is obtained as a synthesis of classical concepts and quantum concepts. Survey of Broglie's papers showed that the quantum-mechanical concept of Broglie emerged as a synthesis of the provisions of the classical (variation principles) and quantum physics (Planck's constant). Survey of Schrödinger's papers showed great generality of quantum theory in comparison with classical mechanics. Survey of Bohr's papers showed that Bohr was able to prove the basic concepts of quantum physics with the help of methodological principles. Survey of Dirac's papers showed that Dirac discovered the equivalence of Schrödinger's and Heisenberg's theories, showed that they go back to the same physical and algebraic

principles, and that they can be formulated as variants of the quantum-mechanical system. The author considers the methodological features of quantum mechanics and fixes a number of methodological principles by which quantum mechanics is significantly different from classical physics. The category of quantum mechanics, on which an attempt to reconstruct the physical picture of the world based on quantum theory, is briefly discussed. On the basis of this reconstruction, there are the world picture broad categories: "mass-field" and "space-time". The categories are related by the formula: "wave-like" particle moves in the classical space-time background. The first association - the particles and interactions – is from quantum mechanics, the second – space and time – from the special theory of relativity. In conclusion, a list of basic relations of quantum mechanics with classical physics is made. The development of quantum ideas resulted from direct influence of classical physics, so the main heuristic techniques to construct quantum theory are two ideas, namely, the idea of continuity and the idea of conformity which Bohr's methodological principles express. At the same time, quantum theory requires the use of classical concepts for support and verification. This is due to the restrictions imposed by the experimental technique. Thus, the author claims that quantum mechanics is a synthesis of the old classical concepts and the new non-classical concepts (physics and mathematics).

REFERENCES

1. Landau L.D., Lifshits E.M. *Teoreticheskaya fizika: v 10 t.* [Theoretical physics: in 10 v.]. Moscow: Nauka Publ., 1989. V. 3, 768 p.
2. Bohr N. *Izbrannye nauchnye trudy* [Selected scientific papers]. Moscow: Nauka Publ., 1971. V. 2, 674 p.
3. Heisenberg W. *Shagi za gorizont* [Steps beyond the horizon]. Moscow: Progress Publ., 1987. 368 p.
4. Planck M. *Izbrannye trudy* [Selected Works]. Moscow: Nauka Publ., 1975. 788 p.
5. Goldstein H. *Klassicheskaya mekhanika* [Classical Mechanics]. Moscow: Nauka Publ., 1975. 415 p.
6. Polak L.S. *Variatsionnye printsipy mekhaniki* [Variational principles of mechanics]. Moscow: Fizmatgiz Publ., 1959.
7. De Broglie L. *Volny i kvanty* [Waves and quanta]. *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 1967, no. 9, pp. 178–180.
8. Schrodinger E. *Izbrannye trudy po kvantovoy mekhanike* [Selected works on quantum mechanics]. Moscow: Nauka Publ., 1976. 424 p.
9. Messiah A. *Kvantovaya mekhanika* [Quantum mechanics]. Moscow: Nauka Publ., 1978. V. 1. 478 p.
10. Markov M.A. *O trekh interpretatsiyakh kvantovoy mekhaniki* [The three interpretations of quantum mechanics]. Moscow: Nauka Publ., 1991. 112 p.
11. Dirac P. *Printsipy kvantovoy mekhaniki* [Principles of Quantum Mechanics]. Moscow: Nauka Publ., 1979. 480 p.
12. Vladimirov Yu.S. *Metafizika* [Metaphysics]. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2009. 550 p.
13. Penrose R. *Novyy um korоля: O komp'yuterakh, myshlenii i zakonakh fiziki* [Emperor's New Mind: On the computer, thinking and the laws of physics]. Moscow: URSS Publ., 2003. 382 p.

Received: 15 March 2015