

УНИФИКАЦИЯ КАК ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ Ч. II*

А.Л. Симанов, А.Ю. Сторожук

В статье обосновывается тезис, согласно которому унификация есть основная тенденция развития физики. В этом случае она приобретает методологическую значимость, определяя пути решения проблемы объединения физических теорий, описывающих разные реальности.

Ключевые слова: физика, унификация, теория, методология

В этой части нашего исследования рассмотрим тенденцию к унификации в контексте развития методологии неклассической физики, поскольку именно здесь проявились и сформировались новые методы и проблемы данной тенденции, усилилась ее методологическая значимость. Классический период развития науки закончился революцией не только в конкретно-научном познании, но и началом радикального переосмысления научной методологии, которое привело, в итоге, к новому пониманию (в смысле расширения, прежде всего) унификации, которое окончательно определилось лишь в конце XX столетия. Это переосмысление связано прежде всего с развитием новой методологии физических исследований, вызванной потерей наглядности и проблематикой соотношения теории, эксперимента и реальности, что привело к попыткам унификации классических и неклассических представлений. Наибольший вклад здесь был внесен выдающимися физиками конца XIX – первой половины XX вв. – А. Эйнштейном и Н Бором, которые не только разрабатывали фундаментальные неклассические теории, но осмысливали методологическую проблематику научного познания, сформулировали ряд новых принципов, имеющих характер методологических принципов как физического, так и общенаучного плана (принципы относительности, дополненности, простоты, или красоты и др.) и придали неклассический вид таким традиционным принципам, как принципы наглядности, при-

* Продолжение. Начало см.: Философия науки, № 4 (51), 2011. Публикуется в авторской редакции.

чинности и пр. Как в новых принципах, так и в переинтерпретации старых и проявилась в новом качестве тенденция к унификации.

Обсуждение проблемы реальности и возможности познания мира вне наших ощущений началось с первых шагов развития квантовой механики и теории относительности. Сторонники классических представлений пытались согласовать и унифицировать новые теории со старой методологией и методологическими принципами познания. Так, Г. Лоренц категорически утверждал, что «представление, которое я хочу составить себе о явлениях, должно быть абсолютно четким и определенным, и мне кажется, что мы не можем составить себе такого представления иначе, как в пространственно-временной системе. Для меня электрон – это частица, которая в данный момент находится в определенной точке пространства. И если этот электрон встречается с атомом, проникает в него и после многих перипетий его покидает, я создаю себе теорию, в которой этот электрон сохраняет свою индивидуальность, т.е. я представляю себе некоторую линию, по которой этот электрон прошел через атом» [1]. Позднее А. Эйнштейн, фактически поддерживая Лоренца, развернуто изложил свою точку зрения, и трудно удержаться от искушения привести здесь длинную цитату, наиболее полно, пожалуй, выражающую его взгляд на эту важнейшую методологическую проблему неклассической физики и унификацию классических и неклассических представлений, которого он придерживался до конца жизни. Итак, Эйнштейн в своей статье, написанной в 1949 г., категорически утверждает: «Вместе с тем у читателя не должно быть никаких сомнений относительно того, что я полностью признаю тот весьма значительный прогресс, который был достигнут теоретической физикой с помощью статистической квантовой теории. В области *механических* процессов, т.е. всюду, где взаимодействие различных структур и их частей можно с достаточной точностью рассматривать, постулируя существование потенциальной энергии взаимодействия между материальными точками, статистическая квантовая теория и поныне представляет собой замкнутую систему, правильно описывающую эмпирические соотношения между наблюдаемыми величинами и позволяющую теоретически предсказывать их значения. До сих пор эта теория является единственной теорией, логически удовлетворительно объясняющей дуальные (корпускулярные и волновые) свойства материи. Те (проверяемые) соотношения, которые содержатся в этой теории, являются *полными* в естественных пределах, определяемых соотношением неопределенностей. Формальные соотношения, содержащиеся в статистической квантовой теории, т.е.

весь ее математический формализм, по-видимому, должны будут в будущем войти в форме логических выводов в любую разумную теорию. Принципиально неудовлетворительным в этой теории, на мой взгляд, является ее отношение к тому, что я считаю высшей целью всей физики: полному описанию реального состояния произвольной системы (существующего, по предположению, независимо от акта наблюдения или существования наблюдателя). Если бы это рассуждение услышал склонный к позитивизму современный физик, оно вызвало бы у него улыбку сожаления. Он бы сказал себе: “Здесь мы имеем дело с формулировкой в чистом виде некоего метафизического предрассудка, лишенного всякого содержания, преодоление которого было главным философским достижением физиков за последние четверть века. Воспринимал ли кто-нибудь “реальное состояние какой-нибудь физической системы”? Может ли вообще кто-нибудь утверждать, что он знает, что следует понимать под “реальным состоянием физической системы”? Как может разумный человек в наше время еще верить в то, что ему удастся опровергнуть наиболее существенную часть нашего знания с помощью такого “бесплотного духа”? Терпение! Я отнюдь не считаю, что приведенная выше лаконическая формулировка может кого-нибудь убедить. Она должна была лишь указать ту точку зрения, вокруг которой будут свободно группироваться излагаемые ниже элементарные соображения» [2].

Каким же видел путь к унификации сам Эйнштейн? «... Высшим долгом физиков, – утверждал он, – является поиск тех общих элементарных законов, из которых путем чистой дедукции можно получить картину мира. К этим законам ведет не логический путь, а только основанная на проникновении в суть опыта интуиция. При такой неопределенности методики можно думать, что существует произвольное число равноценных систем теоретической физики; в принципе это мнение безусловно верно. Но история показала, что из всех мыслимых построений в данный момент только одно оказывается преобладающим. Никто... не станет отрицать, что теоретическая система практически однозначно определяется миром наблюдений, хотя никакой логический путь не ведет от наблюдений к основным принципам теории. В этом суть того, что Лейбниц удачно назвал “предустановленной гармонией”» [3].

В другом месте Эйнштейн писал, что опыт и мышление суть две неделимые составляющие человеческого мышления [4]. Опыт – начало и конец всех наших знаний о действительности, дедукция – путь разума в этом интервале познания. В то же время выведение понятий и принципов из отдельных опытов обречено на неудачу: необходим аксиоматиче-

ский метод, который дает возможность менять, варьировать основы теории как некие «свободные творения человеческого ума». Этот метод позволяет создавать теории, относящиеся к одной и той же области реальности (таковы, например, механика Ньютона и механика релятивистская), но являющиеся совершенно разными [5]. Отсюда Эйнштейн считает в известном смысле оправданной «веру древних в то, что чистое мышление в состоянии постигнуть реальность» [6]. Обязательным и необходимым методологическим принципом для унификации, по мнению Эйнштейна, является принцип экономии мышления, предполагающий, требующий сведения всех понятий и соотношений к возможно меньшему числу логически независимых друг от друга основных аксиом и понятий [7].

Итак, можно, видимо, сделать вывод, что Эйнштейн, с одной стороны, продолжил методологическую линию А. Пуанкаре и Э. Маха, во всяком случае в той ее части, которая касается дедукции, экономии мышления и роли опыта в познании [8] и, как следствие, унификации, но, с другой стороны, критически перерабатывая, переосмысливая эту методологию и отрицая позитивистские моменты, ввел явным образом в методологическую систему новые методы и методологические принципы, такие, например, как аксиоматический, гипотетико-дедуктивный, принцип соответствия и др. Кроме того, он сумел гармонично (но не диалектически) сочетать общефизическую методологию с методологией конкретно-научной и методологией уровня теории, где методологическими принципами выступают сами принципы теории, законы, установленные ею, и даже понятийный аппарат теории [9]. Тем самым Эйнштейн не только продолжил тенденции классической физики к унификации, идущие от Аристотеля, вычленив из них то, что оказалось пригодным для новой физики, но и разработал основы новой унификации, полностью соответствующей этой новой физике. Кроме того, ряд его методологических положений и идей значительно опередили развитие методологии начала XX в. Речь здесь идет, в частности, о взглядах Эйнштейна на научную картину мира, на альтернативность теорий (эти идеи предвосхищали анархический метод П. Фейерабенда) и др.

Однако наиболее радикальный, революционный вклад в развитие новой методологической системы для новой физики, и как следствие, в новое понимание проблематики унификации, был внесен в процессе становления квантовой механики. Именно она разрушила старые представления о материи и движении, взаимодействии, причинности и закономерности и создала новые. Если в основе классической физики лежат корпускулярные представления, в основе электродинамики и теорий

относительности – волновые, полевые, то в основе квантовой механики – корпускулярно-волновые. Пришлось отказаться от лапласовского детерминизма и лапласовского методологического идеала научного познания, от привычного понимания взаимодействия. Мир предстал как квантово-полевая система, в которой объективны не только необходимые, но и «случайные» события. Ясно, что такие радикальные изменения оснований теоретических не могли не привести одновременно к не менее радикальному изменению оснований методологических, всей методологической системы и в итоге к появлению новых проблем и методов унификации.

Действительно, в ходе развития новой методологической системы, связанной с квантовой механикой, выявилась необходимость включения в нее также той системы, которая была сформирована в процессе развития теорий относительности. Но на первых этапах две эти системы развивались в известном смысле независимо. Пересечение их произошло при становлении релятивистской квантовой механики, квантовой электродинамики и космологии. В результате была создана методологическая система, господствующая в современной физике до сих пор. Но вернемся к методологическим основаниям квантовой механики.

Как известно, квантовая механика возникла в связи с невозможностью в рамках классических представлений объяснить экспериментально наблюдаемое распределение энергии в непрерывном спектре излучения абсолютно черного тела. Для объяснения такой ситуации и ее описания физики вынуждены были ввести понятие элементарных частей энергии – квантов, которое позволяло описывать взаимодействие между веществом и излучением. Решающая роль в развитии этой идеи принадлежит снова Эйнштейну: в 1905 г. в статье «Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и превращения света» [10] он высказал предположение, которое по своей значимости превосходит идеи, сформулированные в известной работе М. Планка 1900 г.

В статье «О поправке к спектральному уравнению Вина» Планк в отличие от предшественников «строил» формулу излучения не из теории Максвелла, что никак не удавалось сделать, а на основе анализа опытных данных, «подгоняя» под них формулу таким образом, чтобы она описывала как коротковолновое излучение (формула Вина), так и длинноволновое (формула Рэлея). Планку удалось получить такую эмпирическую формулу, и вскоре он попытался дать ей теоретическое истолкование в статье «Теория закона распределения энергии нормального спектра». В этой в целом удачной формуле были две постоянные, первая из которых не вызывала никаких трудностей. Относительно же

второй, которую Планк назвал элементарным квантом действия, ученый писал, что это «либо фиктивная величина, и тогда весь вывод закона излучения был в принципе ложным и представлял собой всего лишь пустую игру в формулы, лишенную смысла, либо же вывод закона излучения опирается на некую физическую реальность, и тогда квант действия должен приобрести фундаментальное значение в физике и означает собой нечто совершенно новое и неслыханное, что должно произвести переворот в нашем физическом мышлении, основывающемся со времен Лейбница и Ньютона, открывших дифференциальное исчисление, на гипотезе непрерывности всех причинных отношений» [11].

Фактически здесь речь идет о том, чтобы отбросить классическую электродинамику и заменить ее новой теорией. Для спасения уравнений Максвелла (проявление тенденции к унификации) Планк предположил, что испускание и поглощение излучения дискретны, а само излучение непрерывно. Эйнштейн же предложил порвать с классической волновой оптикой и признать за квантами энергии особую индивидуальность, не отрицая, однако, что волновая теория света, оперирующая с непрерывными функциями точки, прекрасно «работает» при описании чисто оптических явлений. Но группа явлений, связанных с возникновением и превращением света, лучше объясняется предположением, что энергия света распространяется не непрерывно, как трактовалось волновой теорией и чего придерживался и Планк, а дискретно. Тогда «энергия пучка света, вышедшего из некоторой точки, не распространяется непрерывно во все возрастающем объеме, а складывается из конечного числа локализованных в пространстве неделимых квантов энергии, поглощаемых или возникающих только целиком» [12].

В процессе анализа квантовых явлений Эйнштейн обосновывал тезис, имеющий фундаментальное значение для квантовой механики: «...Нельзя считать несовместимыми обе структуры (волновая и квантовая), которыми одновременно должно обладать излучение в соответствии с формулой Планка» [13]. Этим самым он фактически подошел к идее квантово-волнового дуализма, унифицирующей противоположности в единое целое как некую физическую реальность. Но окончательно этот дуализм стал понятен гораздо позднее, а пока шли поиски вариантов согласования классических представлений об излучении с новыми взглядами на него.

Возможность такого согласования виделась прежде всего в том, что формулы излучения Планка и результаты, полученные Эйнштейном, носили феноменологический характер, были связаны с описанием опыта,

обобщением эмпирических данных. Физическое же истолкование формализма представлялось тогда возможным и на базе классической методологии, точнее, на базе сложившихся методологических принципов классической физики. Это видно хотя бы из того, что Эйнштейн постулировал существование световых квантов, проведя аналогию между излучением, описываемым законом Вина, и поведением классического идеального газа, состоящего из материальных частиц. На основе такой аналогии он сделал вывод, что «монохроматическое излучение малой плотности (в пределах области применимости закона излучения Вина) в смысле теории теплоты ведет себя так, как будто оно состоит из независимых друг от друга квантов энергии» [14]. Этот вывод – унификация классических представлений с результатами экспериментов, не описываемых в рамках классической физики. Исследования Планка также основывались на классической механике Ньютона и электродинамике Максвелла. Эйнштейн, анализируя выведение закона Планка и сравнивая его со своими результатами, заключил, что «в основе теории Планка лежит следующее утверждение. Энергия элементарного резонатора может принимать только целочисленное значение» [15]. Но это противоречит теории Максвелла, и Планк вводит в физику новый гипотетический элемент – гипотезу световых квантов, которая полностью подтверждается опытом [16].

Однако в 1951 г. Эйнштейн написал: «После 50 лет раздумий я так и не смог приблизиться к ответу на вопрос, что же такое световой квант» [17]. Для него квантовая физика все время находилась в кризисе, так как не могла быть согласована, унифицирована с методологическими требованиями классической механики, классической физики в целом, и прежде всего такими, как принцип полноты описания, принцип простоты, принцип причинности в их классической интерпретации, от которых он не мог отказаться. Первыми это препятствие преодолели основоположники квантовой физики – Н. Бор, В. Гейзенберг и Л. де Бройль, но и те сделали это далеко не в полном объеме, который мог быть сравним с классической методологической системой и с унификацией классических теорий. Наибольшие трудности здесь вызывали проблемы причинности, полноты описания, дополнительности, ибо именно они прежде всего требовали неклассической интерпретации, в то время как методологические взгляды названных ученых формировались классической методологией. Но ведь известно, как трудно, а порой и невозможно согласовать новое со старым, в случае же необходимости – отказаться от того, что составляет сущностную сторону миропонимания, даже если оно явно противоречит реальности! Эйнштейн, например, так и не при-

нял неклассической методологии, особенно в части причинности и полноты описания, хотя сделал решающий вклад в разработку квантовой физики и до конца своей жизни пытался унифицировать гравитацию (в рамках общей теории относительности) с электромагнетизмом.

Наиболее полно содержательная часть новой методологии и, как следствие, новой унификации классики и неклассики в контексте квантовой теории была рассмотрена Бором. В 1928 г. он писал: «Квантовая теория характеризуется признанием принципиальной ограниченности классических физических представлений в применении к атомным явлениям. Создавшаяся таким образом ситуация очень своеобразна, поскольку наша интерпретация эмпирического материала в существенном покоится именно на применении классических понятий» [18]. В то же время «каждому атомному процессу свойственна существенная прерывность или, скорее, индивидуальность, совершенно чуждая классической теории и выраженная планковским квантом действия. Этот постулат заключает в себе отказ от причинного пространственно-временного описания атомных процессов» [19]. По мнению Бора, в рамках классических представлений явление наблюдается без оказания на него какого-либо влияния. «Это ясно проявляется, — пишет он, — например, в теории относительности, оказавшейся столь плодотворной для разьянения классических теорий» [20]. (Заметим, кстати, что именно по этой причине мы не рассматриваем методологическую систему, соответствующую теории относительности: она не меняет принципиальным образом классическую методологию.) Но в квантовой теории ситуация прямо противоположная, так как всякое наблюдение явлений на атомарном уровне предполагает их взаимодействие со средствами наблюдения, которым нельзя пренебречь.

Как полагает Бор, «понятие наблюдения, вообще говоря, включает в себе некоторый произвол, так как оно зависит от того, какие объекты включаются в систему, подлежащую наблюдению. В конце концов всякое наблюдение может быть, конечно, сведено к нашим ощущениям. Но поскольку при интерпретации наблюдений мы должны всегда использовать теоретические представления, в каждом конкретном случае является вопросом удобства тот пункт, где следует вводить понятие наблюдения вместе с квантовым постулатом с присущей последнему иррациональностью» [21]. При такой ситуации понятия пространства и времени теряют свой непосредственный смысл, однозначное описание состояния системы становится невозможным и не может быть даже речи о классической причинности. Тогда в соответствии с квантовой теорией «мы должны считать пространственно-временное представление и требование при-

чинности, соединение которых характеризует классические теории, как дополнительные, но исключают одна другую черты описания содержания опыта» [22]. Следовательно, перед нами встает задача разработки «теории дополнителности», об отсутствии противоречий в которой можно судить, только взвешивая возможности определений и наблюдений [23]. Такая теория дополнителности, а точнее, принцип дополнителности, и позволяет разрешать проблему соотношения пространственно-временного описания и причинности, проблему их унификации, так как они находят взаимно дополняющее выражение. Принцип неопределенностей Гейзенберга подтвердил эту идею, которая стала методологическим принципом новой физики, работающим не только в квантовой механике, но и – при известных обстоятельствах – в теории относительности в применении ее к атомным явлениям.

Другой принцип, который Бор выдвигает и обсуждает в качестве методологического, – принцип соответствия, требующий установления связи между классическими представлениями и неклассическими теориями и рассмотрения последних как рационального объяснения и, фактически, унификации первых [24]. Таким образом, неклассическая теория при предельном переходе становится классической.

В соответствии с методологической системой Бора не имеет смысла говорить одновременно о локализации квантовой частицы и ее волновых свойствах. Эти два аспекта реальности носят взаимодополнительный характер, и никакие эксперименты не помогут обнаружить одновременное проявление указанных двух свойств. Методология Бора позволила существенно развить квантовую теорию, но она не позволила раскрыть физическое содержание такой дополнителности в плане ее онтологического обоснования и поставила проблему так называемых «скрытых параметров», которую, несмотря на все исследования и уверения в ее окончательном решении, до сих пор, на наш взгляд, не удалось решить в действительно полном объеме. И сегодня появляются все новые варианты истолкования этой проблемы. Отсюда квантовую механику можно определить как феноменологическую теорию, определившую новое видение унификации и поставившее перед этой тенденцией новые проблемы.

Такой характер квантовой механики во многом способствовал расцвету позитивизма и его методологической системы, совпадающей в своих основных положениях с идеями Э. Маха и В. Оствальда. Согласно этим идеям, физика должна отказаться от моделей и объяснений, должна отказаться, в конечном итоге, от унификации. Этот тезис относится и к теории относительности, и к квантовой механике как основным

физическим теориям. Неизбежным следствием такого подхода к физике явилось утверждение, что физика может в лучшем случае описывать наши наблюдения, не предлагая каких-либо объяснений и выявления общих соображений, относящихся, скажем так, к различным уровням материи. В итоге вся физика становится лишь вероятностной теорией.

Большинство классиков квантовой физики отстаивали данное положение дел весьма последовательно. Так, Гейзенберг писал: «Когда нужна лишь относительно малая точность, то, конечно, можно говорить и о положении, и о скорости электрона, причем эта допустимая точность с точки зрения критериев нашей повседневной жизни необычайно высока. Но если мы примем во внимание чрезвычайно малые размеры атомов, то эта точность оказывается небольшой, и присущий этому миру малого закон природы не позволяет нам знать и положение, и скорость частицы с любой точностью, которой нам хотелось бы. Хотя и можно поставить опыты, позволяющие установить с большой точностью место частицы, но, чтобы провести это измерение, мы вынуждены подвергнуть частицу сильному внешнему воздействию, из-за чего возникает большая неопределенность ее скорости. Таким образом, природа избегает точной фиксации этих наших интуитивных определений вследствие неизбежных возмущений, связанных с любым наблюдением. Если первоначальной целью каждого научного исследования было описать природу по возможности такой, как она есть сама по себе, т.е. без нашего вмешательства и без нашего наблюдения, то теперь мы понимаем, что эта цель как раз и недостижима. В атомной физике невозможно уйти от изменений, которые всякое наблюдение вызывают в наблюдаемом объекте» [25].

Отрицание возможности познания мира как такового, как некоего едино целого и взаимосвязанного во всех его событиях и без влияния последствий вмешательства в него, неустранимых в теории, имело первостепенное методологическое значение в неклассическом научном познании, и именно здесь скрывается непреодолимое противоречие между классической методологической системой и неклассической, радикально противоречащей тенденции унификации. Пожалуй, большинство современных физиков до сих пор считают, что тезис о познаваемости мира как такового, не зависящего от наблюдателя, не имеет физического смысла. Естественно, такая ситуация не могла устраивать физиков первой половины XX в., и поиски вариантов преодоления противоречий между двумя методологическими системами, противоречий, вызванных подтврждаемым экспериментальными исследованиями содержанием физических теорий, продолжались длительное время, да и сейчас они еще не закончены.

Против отрицания возможности познания мира за пределами наших ощущений, предполагающей, что целью физики является всего лишь рациональное координирование человеческого опыта, выступали и Эйнштейн, и Планк. Так, последний писал (а затем многократно повторял другими словами): «Основой и первым условием любой действительно плодотворной науки является метафизическая гипотеза, недоказуемая, конечно, с чисто логической точки зрения, но которую логика тем не менее никогда не сможет опровергнуть, гипотеза о существовании внешнего мира, мира в себе, совершенно не зависящего от нас, хотя мы и не можем получить о нем непосредственного знания, не прибегая к нашим органам чувств. Это похоже на то, как если бы мы могли наблюдать некий предмет только через очки, цвет которых у каждого наблюдателя был бы несколько иным. Конечно, нам не пришло бы в голову объяснять устройством наших очков все свойства воспринимаемого предмета, хотя при составлении суждения об этом предмете мы и заботились бы о том, чтобы установить, до какой степени тот цвет, в каком он нам представляется, зависит от наших очков. Точно так же научная мысль стремится прежде всего к тому, чтобы было осознано и установлено различие между внешним миром и миром внутренним. Конкретные науки никогда не заботились о том, чтобы оправдать этот трансцендентальный скачок, и поступали совершенно правильно. Если бы они поступали иначе, они никогда не добились бы таких быстрых успехов. К тому же, самое главное, никогда не следовало и никогда не следует опасаться опровержений, ибо подобные вопросы не могут решаться путем рассуждений» [26].

Но выбранный Планком вариант защиты науки о реальности самой по себе – далеко не лучший. По той простой причине, что если подобные вопросы нельзя решить путем рассуждений, а значит, и любым другим путем, то о них, стало быть, и говорить не следует, а следует согласиться с индетерминистами, что физический процесс неотделим от приборов и от органов чувств. Ну, а отсюда выходит, что мир вне наших ощущений не существует.

Л. де Бройль, а вслед за ним и Д. Бом пытались предложить такую интерпретацию квантовой механики, которая бы снимала все эти противоречия в пользу сохранения классической физической реальности, но в пользу ее принципиально вероятностного истолкования и тем самым разрешить проблему унификации классических и неклассических представлений. К сожалению, такие попытки в полной мере тоже не дали ожидаемых результатов, и особенно это относится к проблеме интерпретации волновой функции. Между тем от того, как она будет объяснена,

зависит наполнение квантовой физики физическим содержанием в смысле онтологии, а отсюда и соответствующая интерпретация методологической системы и унификации представлений о макро- микромире. В ходе обсуждений этой проблемы отход от классической методологии окончательно закрепился, но закрепился в пользу методологии позитивистской, которая была подвергнута убедительной критике во второй половине XX в. в процессе развития новейших физических теорий, и прежде всего таких, как теории единого поля, теория элементарных частиц, теория великого объединения, космология и др.

Анализ развития методологии физики и проблем унификации классических и неклассических представлений в неклассический период показывает, что в это время сложились определенные принципы, не имеющие аналогов в предшествующие периоды ее развития, либо изменилась интерпретация старых принципов, при том что их содержание не претерпело принципиальных изменений.

Идея соответствия играла главную роль в формировании и развитии концепции дополнительности Бора, давшей новое представление об унификации и ставшей ядром копенгагенской интерпретации квантовой теории. Согласно этой концепции, для полноты описания явления в микромире необходимо использовать классические понятия, которые, хотя и являются взаимоисключающими, но взаимно дополняют друг друга и дают исчерпывающую информацию о явлении.

Рассказывают, что когда Бор был в Японии, на о. Хонсю, то, любясь Фудзиямой и ее изображениями в картинах Хокусая, он образно назвал ее «воплощением самой идеи дополнительности. Бор говорил, что только совокупность различных восприятий под разными углами и с различных позиций может передать полную очарования картину воздушных и стройных линий горы, как это пытался сделать и сделал Хокусай в своих знаменитых «Ста картинах Фудзиямы». Именно в этом и состоит идея дополнительности, ставшая одной из основ и камней преткновения унификации в физике: не отдавать предпочтение какому-либо отдельному наблюдению, аспекту, стороне, свойству, а считать, что все различные наблюдения, аспекты, взгляды необходимы как взаимодополняющие друг друга элементы, дающие максимально полное в данной познавательной ситуации описание объекта исследования. Концепция дополнительности, появившаяся как необходимое условие для объяснения и понимания квантовой проблемы, прекрасная в принципе, превратилась в своеобразный стиль мышления, который по существу своему глубоко диалектичен.

Дополнительность тесно связана по своему смыслу с соответствием и относительностью, которые также выступают как методологические принципы, фактически определяющие тенденции, смысл и содержание современного подхода к унификации. Еще в самом начале создания теории атома водорода Бор применял неклассические понятия к квантовой физике настолько, насколько это было возможно, невзирая на распространенное мнение о том, что классические понятия неадекватны в квантовой области. Бор понимал, что переход к атомным системам нельзя осуществить в полной мере с помощью классического аппарата, но отмечал, что «динамическое равновесие системы в стационарных состояниях можно рассматривать с помощью обычной механики», правда «переход системы из одного стационарного состояния в другое нельзя трактовать на этой основе» [27]. Известно было также, что законы, относящиеся к области длинноволнового излучения, соответствуют законам классической электродинамики. Такая аналогия, точнее соответствие, выглядела вначале сугубо формальной, но в дальнейшем стала очевидной ее исключительная плодотворность. Опираясь на аналогию, Бор строил мост к будущей концепции дополнительности. Он с полным основанием утверждал, что, несмотря на фундаментальные различия между классической теорией излучения и квантовой идеей, можно получать результаты, основанные на квантовых представлениях, но дополняющие выводы, основанные на классической теории, и в то же время дополняемые ими. Такова была одна из первых попыток унифицировать классические и неклассические представления.

Так по пути аналогии Бор закономерно пришел к принципу соответствия, а от него к принципу дополнительности. Это не случайно, потому что такой путь есть путь симметрии, определившей будущее унификации. Аналогия как единство противоположностей (изменения и сохранения) является специфической формой симметрии. И если принцип соответствия требует рассматривать квантовую теорию как рациональную унификацию классической теории излучения, то по аналогии Бор утверждает, что принцип дополнительности является рациональной унификацией самого классического идеала причинности. «Дополнительный способ описания, – подчеркивает Бор, – в действительности не означает произвольного отказа от привычных требований, предъявляемых ко всякому объяснению; напротив, он имеет целью подходящее диалектическое выражение действительных условий анализа и синтеза в атомной физике» [28].

Как можно видеть, Бор хотя и противопоставляет понятия дополнительности и причинности, но не разводит их настолько, чтобы между

ними оставалась непроходимая пропасть: дополнительность он рассматривает как момент в движении физики к идеалу причинности, позволяя унифицировать его. Он утверждает, что понятие дополнительности есть рациональное развитие «наших способов классифицировать и понимать новые опытные факты, которые по своему характеру не находят себе места в рамках причинного описания; последнее годится для объяснения поведения объектов, только пока это поведение не зависит от способов наблюдения. Точка зрения дополнительности далека от какого-либо мистицизма, противоречащего духу науки; в действительности она представляет собой последовательное обобщение идеала причинности» [29]. Тем самым единый классический идеал причинности в квантовой физике раздваивается, т.е. «пространственно-временную координацию и динамические законы сохранения можно рассматривать как *два дополнительных аспекта обычной причинности*, которые в этой области до некоторой степени исключают друг друга, хотя ни один из них не теряет своей внутренней законности» [30]. В этих размышлениях Бора видна связь, аналогия, преемственность между принципами соответствия и дополнительности: два дополнительных аспекта не исчезают, а сохраняются в новом квантовом описании, поскольку этого требует идея соответствия и, фактически, идея унификации.

Итак, принцип соответствия приводит Бора к концепции дополнительности. С течением времени Бор все более убеждается, что классические понятия никогда не будут отстранены от квантовой теории. Он считает, что «любое описание природы должно быть основано на использовании представлений, введенных и определенных классической теорией. В связи с этим встает вопрос о возможности представления принципов квантовой теории в такой форме, чтобы это использование классических представлений оказалось свободным от противоречий» [31].

Необходимость применения классических понятий в квантовой физике следует из того факта, что мы не можем сообщать друг другу результаты экспериментов никак иначе, кроме как посредством нашего обыкновенного классического языка, классических понятий, выработанных в результате нашего повседневного классического опыта. Отсюда следует необходимость в их унификации. Бор пишет, что «цель всякого физического опыта есть получение данных при воспроизводимых и поддающихся словесной передаче условиях. Эта цель не оставляет нам никакого другого выбора, как пользоваться повседневными понятиями, может быть улучшенными терминологией классической физики, не только при описании устройства и работы измерительных

приборов, но также и при описании получаемых экспериментальных результатов» [32].

И в дальнейшем Бор последовательно проводит эту мысль: «...Как бы далеко ни выходили квантовые эффекты за пределы возможностей анализа классической физики, – пишет он в статье «О понятиях причинности и дополнительности», – описание экспериментальной установки и регистрация результатов наблюдения всегда должны производиться на обычном языке, дополненном терминологией классической физики. Это есть простое логическое требование, поскольку слово “эксперимент” в сущности может применяться лишь для обозначения такой ситуации, когда мы можем рассказать другим, что мы сделали и что узнали в итоге» [33]. В статье «Максвелл и современная теоретическая физика» Бор также подчеркивает, что всякое физическое описание необходимо осуществлять на языке классической физики: «...Мы должны осознать, что недвусмысленное истолкование любого измерения должно быть по существу выражено в терминах классических теорий, и мы можем сказать, что в этом смысле язык Ньютона и Максвелла останется языком физиков на все времена» [34]. В дискуссии с Эйнштейном он снова утверждает, что *«как бы далеко ни выходили явления за рамки классического физического объяснения, все опытные данные должны описываться при помощи классических понятий»* [35].

Из-за исключительной важности этой идеи А.З. Петров предложил назвать ее принципом Бора, который можно сформулировать следующим образом: теория должна быть такой, чтобы она соответствовала терминологии, понятиям и информации, получаемой в ходе экспериментов [36]. Этот принцип вместе с принципами соответствия и дополнительности выражает сущность «квантовой эпистемологии». В совокупности они обеспечивают условия создания истинной унифицированной физической теории – сохранение классических понятий и возможность сравнивать теоретические выводы с экспериментальными данными. Но, следовательно, данный принцип по существу представляет собой принцип сохранения, утверждающий, что при переходе от классической теории к квантовой должен быть сохранен классический язык, что соответствует классическому пониманию унификации.

Если проблему связи между идеями соответствия и дополнительно-сти, связи между классическими и квантовыми представлениями рассматривать не исторически, а в логическом плане, то, согласно И.С. Алексеу [37], вырисовывается следующая картина.

Во-первых, исходным моментом является необходимость общения между людьми. Поскольку результаты физических наблюдений должны

передаваться от одного человека к другому, делать это нужно на обыкновенном человеческом языке, дополненном соответствующими понятиями классической физики.

Во-вторых, использование классических понятий оказывается принципиально ограниченным типичными неклассическими представлениями о существовании кванта действия. Это влечет за собой признание неделимости онтологически целостного процесса наблюдения и необходимости унифицирования языка, что, на наш взгляд, представляет собой еще одну из проблем тенденции к унификации.

В-третьих, становится необходимым признать традиционное гносеологическое разделение процедуры наблюдения на объект, который наблюдают, и средства (приборы), с помощью которых наблюдают. Для описания средств наблюдения надо употреблять классические понятия, а для результатов?

В-четвертых, всю информацию о целостном акте наблюдения требуется относить к наблюдаемому объекту. Поскольку средства наблюдения и результаты наблюдения классические, то наблюдаемый объект описывается через классические понятия, соответствующие типу используемого прибора. И так как работа с одним прибором исключает работу с приборами другого типа, картина, которая получается при использовании приборов одного типа и описанная на классическом языке, отличается (вплоть до взаимоисключения) от картины, полученной с помощью приборов другого типа. Именно совокупность двух таких картин носит дополнительный характер и дает исчерпывающую информацию об объекте и позволяет унифицировать, по меньшей мере, скажем так, «прибор» и «результаты наблюдения».

Анализируя связь между дополнительностью и соответствием, некоторые авторы предлагают рассматривать принцип соответствия как частный случай концепции дополнительности. Другие, наоборот, считают дополнительность частным случаем общей идеи соответствия. Ряд авторов предполагают, что эти два принципа – дополнительности и соответствия – имеют одинаковую степень общности и в качестве интертеоретических и общеметодологических принципов несводимы один к другому. Такое разногласие не выглядит странным: они не рассматривают проблему унификации как тенденцию развития (в нашем случае – физики) научного познания. И соответствие, и дополнительность, а значит, и связь между ними относятся как раз к тем «глубоким истинам», о которых Бор говорил, что «противоположные им тоже содержат глубокую истину» [38]. И в этом отношении эти два

принципа в их совокупности определили направление унификации в физике XX-го в.

С точки зрения П. Фейерабенда, Дж. Холтона, В.П. Хютта и некоторых других исследователей, принцип дополнительности представляет собой высший этап в развитии квантовой теории, так как дополнительность хорошо согласует квантовое содержание явления и его классическое описание, сглаживает между ними контрасты, а тем самым, на наш взгляд, дает основания надеяться на унификацию (хотя бы в рамках эпистемологии физики) классики и неклассики. Классическое описание физической реальности, которое требует соответствия, остается, но как особый, дополнительный способ, обеспечивающий «понимание» неклассических феноменов.

Известно, что Бор давал много формулировок дополнительности, но не употреблял слово «принцип». Одна из этих формулировок приведена в последней его работе, изданной уже посмертно: невозможность объединить явления, наблюдавшиеся при различных экспериментальных условиях, в единую классическую картину делает необходимым рассматривать такие явления, выглядящие противоречивыми, как дополнительные в том смысле, что они, взятые вместе, исчерпывают все появляющиеся определенные выводы об атомных объектах. Поэтому сущность принципа дополнительности, как отмечает В.П. Хютт, сводится к признанию, что полное описание квантового явления с помощью классических представлений и понятий возможно только при наличии двух дополнительных по отношению друг к другу систем понятий [39]. Дополнительность (а в нашем случае – вариант унификации) двух концептуальных систем означает, что, во-первых, концептуальные системы являются с классической точки зрения взаимоисключающими, но создают единую наглядную картину; во-вторых, взятые вместе, две эти системы дают исчерпывающую информацию о квантовом объекте, при этом какой-либо одной системы самой по себе для полного описания микрообъекта недостаточно; в-третьих, две концептуальные системы эквивалентны и ни одна из них не может быть единственно истинной.

Как писал Дж. Холтон, через принцип дополнительности Бор предложил новую, не известную до него форму выражения физического знания, в соответствии с которой две альтернативы физического объяснения явления – и тезис, и антитезис – должны применяться одновременно, хотя каждая сама по себе не является адекватной. Альтернативы остаются в состоянии конфронтации, но развиваются параллельно, а не поглощают одна другую через «снятие», как того требует гегелевская диалек-

тика, трактующая движение в качестве однолинейного прогрессивного восхождения. Дополнительность, и это весьма важно с позиций современной физики, не ставит вопрос о «снятии» классического способа описания как неадекватного, а наоборот, классическая физика сохраняет относительную самостоятельность при описании квантовых объектов. Мало того, совместное приложение двух способов описания – классического и квантового – может дать полное описание. Следовательно, унификация получает в своем развитии новое направление и новое понимание.

Все эти рассуждения позволяют рассмотреть возможность определения *дополнительности как универсального принципа, дающего новое понимание тенденции унификации*. Кстати, интеллектуальные интересы Бора постоянно выходили за пределы физики, и поэтому вполне естественно, что он пытался применить концепцию дополнительности к другим областям человеческого знания, что придает новый оттенок пониманию унификации.

Еще в 1929 г. Бор пробует использовать идею дополнительности в психологии и предполагает, что в этой области имеются взаимные соотношения, которые обусловлены единым характером сознания и поразительно напоминают физические следствия существования кванта действия, поскольку непрерывность мышления и сохранение индивидуальности личности в отношении между людьми аналогичны волновому описанию материальных частиц при сохранении их индивидуальности в процессе взаимодействия. «Неизбежное влияние на атомные явления при их наблюдении, – пишет Бор, – соответствует здесь хорошо известному изменению оттенка психических событий, сопровождающему переход внимания от одного его элемента к другому» [40]. По мнению Бора, понятия «мысль» и «эмоция» при психологическом анализе находятся в отношении, которое «полностью аналогично дополнительному смыслу кинематических и динамических переменных в квантовой механике. В частности, степень произвола может быть переведена на наш язык просто как выражение именно того факта, что те ситуации, в которых можно говорить о свободе воли, и те, в которых разумно предпринять какой бы то ни было логический анализ психического состояния, являются взаимоисключающими» [41].

Бор убежден, что квантовая теория дает «средство для освещения самых общих вопросов человеческого мышления» [42] (унификация квантовой механики и психологии?). Он видит общее между связью атомных явлений с их наблюдениями и психологическими процессами, где трудно отделить объективное содержание от наблюдающего субъекта. «...С одной стороны, описание нашей мыслительной деятельности

требует противопоставления объективно заданного содержания и мыслящего субъекта, а с другой, как уже ясно, – ...нельзя строго разграничить объект и субъект, поскольку последнее понятие также принадлежит к содержанию. Из такого положения вещей следует не только относительность зависящего от произвола при выборе точки зрения значения каждого понятия или, вернее, каждого слова; мы должны вообще быть готовыми к тому, что всестороннее освещение одного и того же предмета может потребовать различных точек зрения, препятствующих однозначному описанию. Строго говоря, глубокий анализ любого понятия и его непосредственное применение взаимно исключают друг друга» [43].

Бор переносит свою концепцию дополнительности (фактически как принцип унификации) и в область биологии. Он обосновывает мысль, что два подхода – биологический и физико-химический – дополнительные. Биологические и физические исследования несопоставимы, поскольку для тех и других существуют свои ограниченные области реальности. Ведь если мы представим полностью уничтоженный живой организм, то как мы узнаем, какова роль отдельных атомов в жизненных процессах? Во всяком опыте над живым организмом имеется некоторая неопределенность в физических условиях, и поэтому «возникает мысль, что минимальная свобода, которую мы вынуждены предоставлять организму, как раз достаточна, чтобы позволить ему, так сказать, скрыть от нас свои последние тайны. С этой точки зрения самое существование жизни должно в биологии рассматриваться как элементарный факт, подобно тому, как в атомной физике существование кванта действия следует принимать за основной факт, который нельзя вывести из обычной механической физики. Действительно, существенная несводимость факта устойчивости атомов к понятиям механики представляет собой близкую аналогию с невозможностью физического или химического объяснения своеобразных отравлений, характеризующих жизнь» [44].

Согласно Бору, фундаментальное различие между биологическими и физическими исследованиями делает невозможным установление твердых границ приложения физических идей к решению биологических проблем, границ, которым соответствовало бы в квантовой механике различие между причинным механистическим описанием и описанием собственно квантовых явлений. «...Сущность рассматриваемой аналогии, – пишет Бор, – это очевидное антагонистическое отношение между такими типичными сторонами жизни, как самосохранение и размножение индивидуумов, с одной стороны, и необходимое для всякого физического анализа подразделение объекта – с другой» [45]. Он полагает, что биологические

законы являются дополнительными к законам, которым подчиняется неживая природа. Значение идеи дополнительности в биологии Бор видит также в том, что «принцип дополнительности отвергает всякий компромисс с каким-либо антирационалистическим витализмом», и в то же время он «с равным успехом может служить разоблачению определенных предрассудков так называемого механистического понимания» [46].

В лекции «Философия естествознания и культуры народов», прочитанной в 1939 г. в замке Кроненбург, где развивалось действие шекспировского «Гамлета», Бор попытался приложить свою идею дополнительности к социологии. Опять же идя по пути унификации, он предположил, что «при изучении человеческих культур, отличных от нашей собственной, мы имеем дело с особой проблемой наблюдения, которая при ближайшем рассмотрении обнаруживает много признаков, общих с атомными или психологическими проблемами» [47]. Далее Бор говорит, что «особенно при изучении культур первобытных народов этнологи не только отдают себе отчет о риске испортить такую культуру неизбежным контактом, но встречаются, кроме того, и с проблемой воздействия таких исследований на их собственную позицию как людей» [48]. «Я имею здесь в виду, — поясняет он, — хорошо знакомое исследователям неизвестных стран потрясение их собственных, до тех пор не осознанных предрассудков, которое они испытывают, встретив неожиданную внутреннюю гармонию, которую человеческая жизнь может представить даже при условиях и традициях, радикально отличных от их собственных» [49].

По мнению Бора, различные человеческие культуры дополнительны друг к другу. При этом «каждая культура представляет собой гармоническое равновесие традиционных условностей, при помощи которых скрытые потенциальные возможности человеческой жизни могут раскрыться так, что обнаружат новые стороны ее безграничного богатства и многообразия» [50]. Но поскольку нет абсолютно самобытных культур, Бор и предположил, что в области этнографии применима идея дополнительности, которая будет способствовать взаимопониманию, ибо «в этой области не может быть и речи о таких взаимно исключаящих друг друга соотношениях, как те, которые имеются между дополнительными данными о поведении четко определенных атомных объектов» [51].

Полагая, что главным препятствием в установлении непредубежденных отношений между различными человеческими культурами являются глубокие различия между традициями, Бор считал, что эти различия исключают всякое простое сравнение культур. И именно здесь велика роль дополнительности как унифицирующего средства, позво-

ляющего выйти из такого положения. Дополнительный, унифицированный способ мышления может открыть большие перспективы для гуманитарных исследований. Суть же последних состоит в том, чтобы «все больше и больше расширяя наши знания по истории развития культуры, способствовать тому постепенному устранению предубеждений, которое является общей целью всех наук» [52].

Аналогичным образом Бор рассматривает и отношения между наукой и искусством, между наукой и религией. Кроме того, он предполагает, что положение отдельного индивида в обществе описывается типично дополнительными характеристиками, которые зависят от соотношения (весьма подвижного) между личностными ценностями и общественными нормами. Общую цель всех культур Бор видит в теснейшем сочетании «справедливости и милосердия, какого только можно достигнуть; тем не менее следует признать, что в каждом случае, где нужно строго применить закон, не остается места для проявления милосердия, и наоборот, доброжелательство и сострадание могут вступить в конфликт с самими принципами правосудия. Во многих религиях этот конфликт иллюстрируется мифами о битвах между богами, олицетворяющими такие идеалы, а в древневосточной философии это подчеркивается следующим мудрым советом: добиваясь гармонии человеческой жизни, никогда не забывай, что на сцене бытия мы сами являемся как актерами, так и зрителями» [53].

Рассуждая на основе метода аналогии и выявляя и унифицируя общие черты микрообъектов, живых организмов, сознания, общества и человеческих культур, Бор превратил свой принцип дополнительности из физического в универсальный философский принцип с наиболее общим методологическим значением. «В общефилософском аспекте, – писал он, – знаменательно здесь то, что в отношении анализа и синтеза в других областях знания мы встречаемся с ситуациями, напоминающими ситуацию в квантовой физике. Так, цельность живых организмов и характеристики людей, обладающих сознанием, а также и человеческих культур представляют черты целостности, отображение которых требует типично дополнительного способа описания. Передача опытных фактов в этих обширных областях знания требует богатого словаря, а из-за того, что словам иногда придается различный смысл, и прежде всего из-за различия в принятых в философской литературе толкованиях понятия причинности, цель такого рода сопоставлений часто понималась превратно. Но постепенно развитие терминологии, пригодной для описания более простой ситуации в области физики, показывает, что мы имеем здесь дело не с более или менее туманными аналогиями, а с от-

четливыми примерами логических связей, которые в разных контекстах встречаются в более широких областях знания» [54].

В. Гейзенберг также отстаивал мысль, что дополнительность имеет универсальный характер. И в контексте развития физики, полагал он, эта идея пробуждает надежды на то, что «в окончательном состоянии различные культурные традиции, новые и старые, будут сосуществовать, что весьма разнородные человеческие устремления могут быть соединены для того, чтобы образовать новое равновесие между мыслями и действием, между созерцательностью и активностью» [55]. М. Борн считал, что идея дополнительности имеет всеобщее значение, потому что существует много областей человеческой деятельности, где один и тот же факт можно рассматривать в различных, но взаимодополняющих аспектах [56]. Он был согласен с Бором в том, что представление о дополнительности можно применить в других областях знания, в частности в биологии, психологии, философии, политике, и заявлял, что не следует отказываться от такого обогащения нашего мышления [57]. В. Паули также полагал, что представление о дополнительности выходит за рамки физики. Его философское значение состоит в том, что оно, выступая против односторонности, «могло бы стать первым шагом на пути прогресса к единой общей картине мира, в которой естественные науки составляют лишь часть» [58].

Фундаментальный факт квантовой физики – корпускулярно-волновой дуализм – показывает, что к микрообъекту невозможно применять классические способы описания. Но вместе с тем стало ясно, что объективное описание микромира невозможно и на пути полного отказа от классических способов описания, так как описание микромира требует наложения некоторых ограничений. Таким ограничением является принцип неопределенностей Гейзенберга, не допускающий при описании микроявлений одновременной абсолютно точной локализации в координатном и импульсном пространстве, как и одновременного абсолютно точного фиксирования энергии и времени.

Классический способ описания с его допущениями – абсолютизацией и детализацией – применим для описания микроявлений в тех случаях, когда можно не учитывать постоянную Планка. Фактически именно эта фундаментальная величина и есть пограничный пункт между квантовым и классическим описанием и своеобразная препона к унификации наших знаний.

Квантовый способ описания явлений позволяет предвидеть конкретные реальные *возможности* акта измерения. Обращая внимание на

условия, в которых происходит измерение, исследователь *фиксирует* устройство и действие приборов, определяющих эти условия. Поэтому нет необходимости *приписывать* микрообъекту такие свойства и состояния, которые принципиально не могут быть установлены, на что фактически нацелена гипотеза «скрытых параметров».

Измерительные устройства и внешние условия эксперимента описываются классическим способом через задание их характеристических параметров. Квантовый микрообъект проявляется при взаимодействии с классическим прибором. Результат такого взаимодействия – экспериментальные данные, которые интерпретируются на основе тех или иных теоретических предпосылок и на базе которых, в свою очередь, делаются косвенные заключения о свойствах объекта, уже предсказанных теорией. И так как свойства микрообъекта обнаруживаются через взаимодействие его с классическим прибором, то их проявление обуславливается устройством прибора и создаваемыми внешними условиями. Какая сторона объекта – корпускулярная или волновая – проявится, зависит от прибора. Изучение корпускулярных и волновых свойств всех микрообъектов требует несовместимых внешних условий, необходимых для различных классических приборов. А это означает, что становится невозможным изучать одновременно различные свойства и различные стороны микрообъекта, детализация же поведения микрообъекта становится принципиально невозможной. Именно эти свойства, проявляющиеся при взаимоисключающих условиях, Бор назвал дополнительными.

Следует указать также на то, что квантовый способ описания как более конкретный и совершенный требует соответствующего математического аппарата, применение которого в свою очередь, ведет к выявлению новых фундаментальных свойств материи. Толкование понятий, используемых в квантовой теории, диктует необходимость обобщения, унификации понятия состояния системы на основе понятий вероятности и потенциальной возможности. Понятие вероятности в квантовой механике вовсе не говорит о некоторой неполноте нашего знания о микромире, а наоборот, являясь существенным элементом квантовомеханического описания, дает возможность уточнить само представление о полноте описания. Понятие вероятности существенно необходимо, поскольку для данных внешних условий результаты взаимодействия объекта и прибора не предопределены однозначно, а характеризуются некоторым вероятностным распределением. Это вероятностное распределение результатов взаимодействия отражает потенциальные возможности, которые объективно существуют при определенных условиях.

При квантовом описании следует иметь в виду, что, изучая взаимодействие между прибором и объектом, мы можем применять приборы различных типов. Использовать такие приборы одновременно невозможно, и это также говорит о различных потенциальных возможностях. Кроме того, существуют различные потенциальные возможности реагирования объекта на включение того или иного прибора в процессе измерения квантовой величины. При таком положении дел теория не может не быть принципиально вероятностной. Эта вероятность – не следствие неполноты теории, как считал Эйнштейн, не недостаток ее, а достоинство. Существующие потенциальные возможности обеспечивают полное описание поведения и состояния микрообъекта, и математическая форма законов квантовой механики адекватно отражает эти потенциальные возможности. Вероятностное распределение результатов измерения можно вычислить через волновую функцию как квадрат ее модуля. И поскольку квантовое описание исчерпывает все потенциальные возможности, постольку его необходимо считать полным. Сама природа такова, что теория не может отражать ничего, кроме того, что проявляется в совокупности потенциальных возможностей. Хотя, надо отметить, что и такое толкование квантовой механики с обыденных позиций кажется в лучшем случае маловразумительным. Отметим тот факт, который мы рассмотрим в нашем дальнейшем исследовании, что в современной космологии сложилась подобная (но не аналогичная) ситуация, связанная как раз тем, что современная космология требует (в буквальном смысле этого слова) унификации с квантовой физикой.

В контексте исследования унификации как тенденции развития физики следует выделить и два других вида дополнительности: дополнительность внутри данного уровня организации и дополнительность между уровнями. В первом случае используются специфические преобразования, которые связывают определенные характеристики в различные абстрактные системы. Такие преобразования сохраняют некоторые величины и характеристики неизменными – это инварианты теории. Но если совершается переход к более широкой области, то появляются новые инварианты в структуре новой, более общей теории, а старые инварианты остаются действенными в определенных границах, обусловленных преемственностью между старой и новой теориями. Такая преемственная дополнительность есть дополнительность между определенными уровнями. С этой точки зрения инвариантность, а как следствие, и унификация, характеризуют разделительные свойства систем абстрагирования. Идея преемственной дополнительности между старой и новой теориями ведет к принципу

соответствия и еще раз указывает на связь между соответствием и дополнителем. Теории, которые находятся в отношении соответствия, дополнители и могут претендовать на статус унифицированных.

Следует сказать, что открытие связи между принципом дополнителем и принципом относительности в развитии физического познания в контексте унификации физического познания вполне закономерно. Известно, что теория относительности Эйнштейна – одна из основных теоретических предпосылок возникновения и развития концепции дополнителем Бора. «Теория относительности, – писал Бор, – научила нас, что целесообразность требуемого нашими чувствами резкого разделения пространства и времени основана только на том, что обычно встречаемые скорости малы по сравнению со скоростью света. Можно говорить, что открытие Планка подобным же образом привело к пониманию того, что целесообразность причинной точки зрения обуславливалась малостью кванта действия по сравнению с теми действиями, которые встречаются в обычных явлениях» [59]. Но одновременно Бор понимал, что данная аналогия, а как следствие, и унификация макро- и микрофизики не может быть полной, поскольку, как уже не раз отмечалось, в классической физике явление можно наблюдать без оказания на него какого-либо влияния, а квантовый постулат предполагает неустраняемое влияние на наблюдаемое со стороны средств наблюдения.

Теория Эйнштейна в известном смысле является методологической предпосылкой развития теории дополнителем. Бор считал, что теория относительности открыла новые возможности для понимания явлений, кажущихся несовместимыми. По его мнению, «возникшая в атомной физике необходимость заново рассмотреть те основания, на которые должно опираться непротиворечивое применение элементарных физических идей, напоминает в некотором смысле ситуацию, с которой в свое время столкнулся Эйнштейн» [60]. Эйнштейновский релятивистский способ мышления сыграл важную методологическую роль в оформлении боровского дополнительного способа мышления. В своем ответе на статью А. Эйнштейна, Б. Подольского и Н. Розена Бор писал: «... Мне хотелось бы отметить то огромное значение, которое имеет преподанный общей теорией относительности урок для вопроса о физической реальности в области квантовой теории. В самом деле, несмотря на все характерные различия, между положением вещей в обоих обобщениях классической теории имеется поразительная аналогия...» [61]. Но как их унифицировать?

Понимая и подчеркивая сходные черты, аналогию и преемственность между теорией относительности и концепцией дополнителем, Бор

учитывал и различия между ними. Прежде всего, это различия в понимании причинности. Если теория относительности унифицирует причинное пространственно-временное описание физических явлений, где пространство и время в совокупности с энергией и импульсом образуют единую картину, то концепция дополнительности утверждает, что такой классический идеал при описании процессов микромира недостижим. Теория относительности представляет собой своеобразную кульминацию в развитии классической теории, квантовая же теория качественно иная, так как в ней пространственно-временные представления несовместимы с понятиями энергии и импульса, которые необходимы для причинного описания, что привело в дальнейшем к существенным трудностям в унификации описания мега-, макро- и микромира.

Итак, в работах Бора (и, заметим, Эйнштейна) отчетливо прослеживается связь, аналогия, преемственность между идеями относительности и дополнительности. Именно на этой основе стало возможным дальнейшее развитие концепции дополнительности и формирование нового понимания унификации и ее проблем в контексте попыток разработать в физике Единую теорию. В философском контексте процесс этого развития выявил, что унификация представляет собой своеобразную конкретизацию идеи относительности при движении познания от абстрактного к конкретному и обратно. Можно видеть также, что неклассический способ описания, развивающийся в русле унификации, не означает субъективизации физического познания. Эволюция теоретико-познавательной унификации приводит ко все большему расширению объективного в физическом познании и все более глубокому пониманию физической действительности. Однако в этом процессе абсолютные представления заменяются относительными, приобретая при этом, как мы покажем далее, своеобразный метафизический характер.

Унификация может остаться непонятной и непонятой, если рассматривать ее саму по себе, вне целостного физического знания и его развития. Но если мы будем видеть в ней момент процесса развития физического знания, то поймем и ее сущность. И тогда унификация предстанет перед нами во всей своей конкретности и методологической значимости.

Примечания

1. Цит. по: *Льюцци М.* История физики. – М.: Мир, 1970. – С. 417–418.
2. *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: В 4 т. – М.: Наука, 1967. – Т. IV. – С. 295–296.

3. Там же. – С. 41.
4. См.: Там же. – С. 182.
5. См.: Там же. – С.183–186.
6. Там же. – С.184.
7. См.: Там же. – С. 229.
8. См.: *Мах Э.* Принципы сравнения в физике. – СПб., 1909. – С. 185 и др.; *Пуанкаре А.* О науке. – М., 1983. – С. 91, 99, 109 и др.
9. См., например, высказывания А. Эйнштейна об инвариантности относительно преобразований Лоренца.
10. См.: *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: В 4 т. – М.: Наука, 1966. – Т. III.
11. Цит. по: *Льоци М.* История физики. – С. 338.
12. *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: В 4 т. – Т. III. – С. 93.
13. Там же. – С. 194.
14. Там же. – С. 102.
15. Там же. – С. 131.
16. См.: Там же.
17. Цит. по: *Пайс А.* Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. – М.: Наука, 1989. – С. 367.
18. *Бор Н.* Избр. науч. тр.: В 2 т. – М.: Наука, 1971. – Т. II. – С. 30.
19. Там же.
20. Там же. – С. 31.
21. Там же.
22. Там же.
23. См.: Там же. – С. 32.
24. См.: Там же. – С. 40–43.
25. Цит. по: *Льоци М.* История физики. – С. 411–412.
26. Там же. – С. 412–413.
27. *Бор Н.* Избр. науч. тр.: В 2 т. – Т. 1. – С. 90.
28. *Бор Н.* Избр. науч. тр.: В 2 т. – Т. II. – С. 397.
29. Там же. – С. 283.
30. Там же. – С. 102.
31. *Бор Н.* Избр. науч. тр.: В 2 т. – Т. 1. – С. 482.
32. *Бор Н.* Избр. науч. тр.: В 2 т. – Т. II. – С. 282.
33. Там же. – С. 392–393.
34. Там же. – С. 74.
35. Там же. – С. 406.
36. См.: *Петров А.З.* Методологические проблемы теории измерений. – Киев: Наукова думка, 1966. – С. 66.
37. См.: *Алексеев И.С.* Концепция дополнителности. – М.: Наука, 1972. – С. 36–37.
38. *Бор Н.* Избр. науч. тр.: В 2 т. – Т. II. – С. 432.
39. См.: *Хотт В.П.* // Принципы дополнителности и материалистическая диалектика. – М.: Наука, 1976. – С. 149.
40. *Бор Н.* Избр. науч. тр.: В 2 т. – Т. II. – С. 60.
41. Там же. – С. 384.
42. Там же. – С. 61.
43. Там же. – С. 58.
44. Там же. – С. 117.
45. Там же. – С. 118.
46. Там же. – С. 211.

47. Там же. – С. 287.
48. Там же.
49. Там же.
50. Там же.
51. Там же.
52. Там же. – С. 288.
53. Там же. – С. 495.
54. Там же. – С. 532.
55. *Гейзенберг В.* Философия и физика: Часть и целое. – М.: Прогресс, 1989. – С. 130.
56. См.: *Борн М.* Моя жизнь и взгляды. – М.: Прогресс, 1973. – С. 73.
57. См.: *Борн М.* Физика в жизни моего поколения. – М.: Прогресс, 1963. – С. 463.
58. *Паули В.* Физические очерки. – М.: Наука, 1975. – С. 57.
59. *Бор Н.* Избр. науч. тр.: В 2 т. – Т. II. – С. 69.
60. Там же. – С. 408.
61. Там же. – С. 190.

(Продолжение следует)

Дата поступления 12.12.2011

Институт философии и права
СО РАН, г. Новосибирск
science@philosophy.nsc.ru

Simanov, A.L. and A.Yu. Storozhuk. Unification trend of development of Physics

In the article is based on the thesis according to which harmonization is the main trend of physics. In this case it is methodological significance, identifying solutions to the problem of combining physical theories that describe different realities.

Keywords: physic, unification, theory, methodology