

# НОВАЯ НАУЧНАЯ ПАРАДИГМА

О.Е. Баксанский, А.В. Коржуев

## ТЕОРИЯ «СТРУКТУРЫ НАУЧНЫХ РЕВОЛЮЦИЙ» Т. КУНА И КРИЗИС КЛАССИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЫ В ФИЗИКЕ НА РУБЕЖЕ XIX–XX СТОЛЕТИЙ

**Аннотация.** Рассматривается кризис физики на рубеже XIX–XX столетий в контексте идей, выдвинутых и обоснованных в книге философа Т. Куна «Структура научных революций». Внимание сфокусировано на кризисе классической механики Ньютона и «рождении» теории относительности Эйнштейна, модели атома Резерфорда-Бора и, логически развившей её, квантовой механике. Естественнонаучное знание в процессе своего развития пересматривает основные фундаментальные позиции, парадигмальные основы, связанные с переосмыслением выявленных ранее и устоявшихся в сознании научного социума логико-содержательных связей типа «причина – следствие», «повод – феномен», «основание – базирующаяся на нём теория», а также инспирационных, каузальных и системных детерминаций. В качестве основного метода исследования используется метод реконструкции когнитивных представлений эпохи в контексте современного понимания физической картины мира. Основной вывод состоит в том, что теория научных революций Т. Куна «проявила» ряд важных методологических особенностей кризиса физики рубежа столетий, позволила перевести в методологический формат ряд характерных для него особенностей, а иногда по-новому их осмыслить и углублённо «прочувствовать», соотнести с характерными проявлениями более поздних «научных революций».

**Ключевые слова:** классические парадигмы физики, кризис парадигмы, научная революция, методологическая рефлексия, научная парадигма, кризис естествознания, парадигмальные сдвиги, научная картина мира, физика и естествознание, математика в естествознании.

**Review.** The article is devoted to the crisis of physics that happened at the turn of the XIXth and the XXth centuries. The crisis is viewed in terms of the ideas suggested and proved by Thomas Kuhn in his book 'The Structure of Scientific Revolutions'. The main attention is paid to the crisis of Newtonian classical mechanics and the 'birth' of Einstein theory of relativity, the Rutherford-Bohr model of the hydrogen atom and quantum mechanics that logically proceeded therefrom. In the course of its development natural science has reviewed the main fundamental provisions and paradigms as a result of reconsideration of previously established and adopted by the academic community logical relations such as 'cause and effect', 'reason and phenomenon', 'grounds and theory based thereupon' as well as inspirational, causal and systems determinations. The main research method used by the authors is the method of the reconstruction of cognitive representations of that epoch in terms of the modern concept of the physical picture of the world. The main conclusion is that Thomas Kuhn's theory of scientific revolutions 'highlighted' a number of important methodological peculiarities of the crisis of physics at the turn of centuries and allowed to develop particular methodology based on those peculiarities and sometimes even took a new look at them and compare them to the typical peculiarities of later 'scientific revolutions'.

**Keywords:** classical paradigms in physics, paradigm crisis, scientific revolution, methodological reflexion, scientific paradigm, crisis of natural science, paradigm shifts, scientific world view, scientific picture of the w, physics and natural science, mathematics in natural science.

Как свидетельствует история науки, естественнонаучное знание в процессе своего бурного развития часто испытывает кризисы, сопровождающиеся пересмотром

основных фундаментальных позиций, парадигмальных основ, роли тех или иных предпосылочных концептов новых открытий, отношений зависимости между его фрагментами, связанных с

переосмыслением выявленных некогда ранее и устоявшихся в сознании научного социума логико-содержательных связей типа «причина – следствие», «повод – феномен», «основание – базирующаяся на нём теория», а также инспирационных, каузальных и системных детерминаций. Среди ярких примеров такого переосмысления, связанных с физическим знанием, безусловно, занимает достойное место теория магнитных явлений, получившая исток своего развития в первой половине XIX в. (Г. Эрстед, А. Ампер, Г.А. Лоренц и ряд других широко известных в физике имён), теоретически оформленная Дж.К. Максвеллом в середине того же столетия, но, как показало дальнейшее развитие физики, не «вскрывшая» в тот период своих внутренних, глубинных корней, оставшаяся до некоторой степени эмпиричной (даже будучи математически строго представленной). Этот факт был ясно осознан гораздо позже – только в веке двадцатом, после открытия А. Эйнштейном специальной теории относительности (1905 г.) и её принятия основной массой учёных: оказалось, что магнетизм в своём теоретическом, сущностном представлении есть не что иное как релятивистский эффект, теснейшим образом связанный со следствиями преобразований Лоренца для векторов напряжённости электрического и магнитного полей; более того – никаким другим из числа известных теоретическим подходом не объясняемый, и сегодня этим фактом владеет практически любой студент физической вузовской специальности.

На философском языке всё, о чём идет речь, может, с нашей точки зрения, позиционировать конкретные проявления *сущностного подхода*, а более точно, такого его пласта, который связан с клише «концепт «смысл» как отражение физического знания в зеркале философско-методологической рефлексии», преломляющим это знание в плоскость выявления глубинных, внутренних связей между феноменами и явлениями окружающего мира, описываемыми их фрагментами эмпирического и теоретического знания, а также в плоскость рефлексии того или иного характера их протекания, оперирующей такими категориями, как причинно-следственная обусловленность, каузальная детерминация, инспирационные сюжеты, линейность (нелинейность) наблюдаемых эффектов, проявления вероятностного детерминизма, иллюзорный эффект, распространённое заблуждение, обманчивая простота, преувеличенная сложность и многое другое. Пример, связанный с теорией магнетизма,

приведён нами в качестве предпосылочного – для последующего осознания того, что не только сама физика по мере своего развития вскрывала такие «тайны», которые не вписывались в ранее существующую систему представлений о физическом мире, меняя кардинально то, что сегодня именуется клише «физический образ окружающего мира» (иногда – физическая картина мира) – часто роль рефлексии и вскрывающей завесу тайны над происходящим в мире естествознания брала на себя философская методология науки. Иногда процессы собственно физического (узкопрофильного) рефлексирования опережали процессы методологической рефлексии, иногда происходили параллельно. В нашем случае речь идёт о философской работе середины XX в., обсуждающей особенности, характерные черты научных кризисов в естествознании – это книга Т. Куна «Структура научных революций» [8].

Наш интерес к этой работе позиционируется в область философского осмысления с точки зрения представленных в ней идей кризисного периода в истории физики рубежа XIX-XX столетий, сочетавшего в себе два крупных сюжета: первый был связан с пересмотром ньютоновских концепций пространства-времени и «заменой» галилеевых преобразований координат и скоростей при переходе из одной инерциальной системы отсчёта к другой на преобразования Лоренца-Минковского, ставшими основой специальной теории относительности А. Эйнштейна; второй, немного смещённый во времени начала этапа, был связан с пересмотром классической идеи непрерывности применительно к микромиру и распространением концепции корпускулярно-волнового дуализма с электромагнитного излучения на свойства микрочастиц вещества (наиболее известными в истории физики персоналиями, связанными с обозначенным сюжетом, являются авторы концепции атомного строения начала двадцатого столетия Н. Бор и Э. Резерфорд, «создатели» теории о волновых свойствах микрочастиц Л. де Бройль, Э. Шрёдингер, В. Гейзенберг и ряд других физиков).

Этот период сам по себе был характерен резким «усилением» философского начала в осмыслении естествознания: автором известного принципа дополнительности стал известный физик Нильс Хейдрик Бор, он же внёс существенный вклад (совместно с А. Эйнштейном) в формирование содержания принципа соответствия. Принцип дополнительности впоследствии существенно расширил своё

«влияние» за пределы физики и сегодня относится к разряду междисциплинарных, общенаучных. Однако, этими фрагментами философское осмысление парадигмальных открытий физики не исчерпывается, и потому мы посчитали интересной попытку встроить в «известный философский ряд» один из возможных вариантов методологической рефлексии кризиса физики рубежа столетий рассмотрение этого феномена на основе идей, высказанных в книге Т. Куна «Структура научных революций».

Прежде всего, представляет с нашей точки зрения интерес проецирование историко-научного концепта развития физики на рубеже веков (например, подробно описанного в книге авторов статьи «В структуре мироздания ищем смысл...»: электрон, атом, ядро» [2]) на такие используемые Т. Куном категории, как «нормальная наука» и «аномалия». Первая позиционирует те периоды в науке, когда новые факты, феномены и их теоретическая интерпретация вполне «мирно», корректно вписываются в существующие теоретические представления и структурно-смысловые ниши, и публицистическим языком эти периоды обозначаются клише «ровное, спокойное течение процесса», иногда «относительный застой» и им подобными. Вторая есть в некотором смысле антипод первой и соотносится с появлением фактов, не вписывающихся в существующие представления и парадигмы, не получающих адекватной логико-смысловой интерпретации в традиционных системах научных координат, часто ставящих научный мир в тупик. Проявляя динамику обсуждаемого процесса, следует обратиться к приводимой Т. Куном схеме «развития аномалии», включающей: предварительное её осознание научным сообществом, постепенное или мгновенное (иногда случается и такое – *комментарий авт.: А.К., О.Б.*) её принятие, придание научного статуса (иногда переводящее эту аномалию в этот статус из области ненаучного заблуждения) и последующее логично вытекающее из предшествующего изменение парадигмальных оснований, смысла понятий и процедур поиска [8].

Раскрывая различные проявления этой динамики в интересующий нас и обозначенный в заглавии статьи период, следует обратить внимание на такой тезис Т. Куна: «...аномалия проявляется только на фоне парадигмы; чем более точна и развита парадигма, тем более чувствительным индикатором она выступает для обнаружения аномалии, что тем самым приводит к изменениям в парадигме» [8], и его продолжение: «...парадигма

не может быть отброшена слишком легко... и к изменениям парадигмы приведут только аномалии, пронизывающие научное знание до сердцевины» [8]. Применительно к рассматриваемому нами этапу развития физики это означает, во-первых, что «аномалия» – осознание физиками того, что электрон в модели атома Резерфорда-Бора должен упасть на ядро, чем прекратить жизнь атома как структуры, – проявилась на основе безоговорочного принятия научным сообществом начала XX в. в качестве парадигмальных основ, применимых и к микромиру, классической механики Ньютона и классической электродинамики Максвелла, и это были реально «достаточно развитые» (по Т. Куну) парадигмы естествознания, подтверждённые во множестве экспериментов, вошедшие в базальные, глубинные структуры и пласты сознания научного социума. Видимо, это и позволило учёному миру осуществить перенос классики из макромира, где она была многократно осмыслена и экспериментально подтверждена, в микромир, в частности, «внутри» атома. Во-вторых, следует обратить внимание на чрезвычайную «силу» аномалии – классические представления настолько не сочетались с новой моделью атома (Резерфорда-Бора), что приводили к невозможности объяснения «святая святых» – устойчивости атома, – это проявляет в обсуждаемом сюжете тезис Т. Куна о необычайной «чувствительности» парадигмы к аномалии, приведённый несколькими строками выше.

Здесь для разъяснения сути дела мы считаем необходимым и целесообразным краткий, компрессированный исторический экскурс. Идея строения атома имеет давнюю историю; для нас интересно её развитие на рубеже XIX-XX вв., и в связи с этим следует вспомнить, что в 1897 г. известный физик Дж.Дж. Томсон открыл электрон и тут же нашёл ему место в структуре атома: в 1899 г. «родилась» модель атома Томсона, имевшая в среде физиков и широко до сих пор представленное в популярной и учебной литературе «сленговое» название – булка с изюмом. Атом Томсона был похож на кекс: отрицательно заряженные электроны-изюминки были вкраплены в положительно заряженное «тесто». Эта модель была подкреплена авторитетом Вильяма Томсона (известного физика того периода, лорда Кельвина) и некоторое время была непререкаемой, по крайней мере, до появления планетарной модели Резерфорда-Бора.

Реализую историческую ссылку, необходимо также отметить, что на рубеже столетий рожда-

лись и другие модели атомного строения. Например, астрофизик из Кембриджа Дж.В. Никольсон обосновал планетарную модель атома, уподоблявшую атом Солнцу (ядру) и планетной системе (электронам); такую же по сути модель обосновал в самом начале XX в. Жан Перрен; кроме того, известны близкие к отмеченным выше атомные модели японца доктора Нагаоки, известного русского и советского физика П.Н. Лебедева (именем которого назван Физический Институт Академии Наук), Дж. Стоня, Н. Морозова, В. Чичерина и ряда других учёных. Однако, достаточной доказательной силой и неопровержимыми экспериментальными подтверждениями эти модели не обладали. Решающим шагом в исследовании атома стали опыты Э. Резерфорда, установившего в 1913 г. посредством рассеяния альфа-частиц на металлической фольге наличие у атома положительно заряженного массивного ядра, вокруг которого (в терминах тех лет) по орбитам вращались электроны. Теоретическую базу данной модели нашёл известный датский физик Нильс Бор. Здесь настало время детализировать приведённый ранее тезис Т. Куна о «чрезвычайной силе аномалии», способной привести к смене научной парадигмы, в нашем случае – классической парадигмы в физике: существовавшие в течение нескольких столетий классические представления (вспомним Т. Куна: «...чем более точна и развита парадигма...») приводили к катастрофически парадоксальному результату – вращающийся вокруг ядра электрон должен был согласно выводам классической электродинамики Максвелла непрерывно излучать энергию в виде электромагнитных волн и ... через очень короткое время упасть на ядро, прекратив жизнь атома как целостной структуры. «Чрезвычайная сила аномалии» по Куну налицо: противоречия классики с новой атомной моделью достигли такого накала, что проявили невозможность объяснения новой моделью устойчивости атома – фундаментального факта, сомнению в обсуждаемый период времени не подлежавшего. Налицо и проявление уже упомянутого выше тезиса Т. Куна «к изменениям парадигмы могут привести только аномалии, понижающие научное знание до сердцевины» – в указанном сюжете учёным оставалось фактически только два выхода: либо усомниться в правоте многократно подтверждённых и получивших статус естественнонаучной мировоззренческой парадигмы классической механики Ньютона и электродинамики Максвелла, либо отказываться от модели

атома Резерфорда-Бора. Первое приводило к необходимости отказа от фундаментальных основ «физического» миропонимания, второе лишало бы статуса новую модель, получившую серьёзное экспериментальное подтверждение и оставляло физику на неопределённое время без понимания того, как же на самом деле устроен атом. Настал период смены физической парадигмы окружающего мира – позиционированные Т. Куном в качестве условий этой смены обстоятельства и факторы можно считать в обсуждаемый период времени вполне сложившимися.

Как же происходила смена классической парадигмы? Для ответа на этот вопрос вновь прибегнем к историческому экскурсу. Неразрешаемое в рамках существовавших классических парадигм противоречие подвигло Н. Бора с формулировке полуклассической теории атома, с введением чуждых классике стационарных орбит: для не знакомого с физикой читателя отметим, что Бор предложил соединить обычную механику Ньютона, согласно которой электрон в атоме мог позволить себе двигаться на каком угодно расстоянии от ядра, излучать энергию непрерывно, с абсолютно чуждыми ей идеями – они запрещали электрону иметь какие угодно значения энергии, ограничивая их перечень лишь рядом отдельных (допустимых по Бору) значений; они запрещали электрону излучать энергию при движении по орбитам, соответствующим найденным «разрешённым» значениям энергии!!!

Позиционируя всё обсуждаемое в ракурс теории Т. Куна, закономерно спросить себя: а была ли попытка Бора в полном смысле слова «сменой парадигмы»?.. И дать отрицательный ответ – сменой мировоззренческого основания «совмещение несовместимого» назвать нельзя: и теория Ньютона оставалась неприкосновенной, и новые, «чужие» для неё идеи у Бора имели право на существование. Однако Бором всё-таки был сделан важный шаг в направлении смены парадигмы: он гениальным образом интуитивно угадал тот результат, к которому впоследствии приведёт «реальная», полноценная смена классической парадигмы в физике. Это была идея дискретности излучения света атомом, дискретности энергии момента импульса электрона в атоме – ведь именно к таким результатам приведёт полтора десятка лет спустя квантовая механика.

Сейчас настало время вспомнить уже использованный тезис из книги Т. Куна о том, что «пара-



дигма не может быть отброшена слишком легко». Прежде чем произойдёт полноценная смена парадигмы, теория Бора испытает поистине триумфальный успех – с её помощью удастся предсказать вид и характер спектров излучения и поглощения атомов водорода, подтвердить длины волн всех спектральных серий, обнаруженных к тому времени, – например, Лайманом, Бальмером и Пашеном – их экспериментальными первооткрывателями, конечно, как это часто бывает в физике, не понимавшими истинной физической природы обнаруженных ими феноменов. Но теория Бора испытает и колоссальное «разочарование», когда окажется не в состоянии объяснить закономерности спектров непосредственно следующего за водородом в таблице Менделеева атома гелия, а также поляризацию излучения и интенсивность спектральных линий, корректно соотноситься с правилами отбора и многое другое. И скорее следует удивиться тому, что она *смогла* объяснить атом водорода, чем тому, чего она объяснить *не смогла* – слишком явно проступали в ней попытки соединить классику с неклассикой, непрерывность с дискретностью, квантованность с континуальностью, к сожалению, логически и содержательно не обоснованные. По этому поводу публицист и историк науки Д. Данин в известном в 60-х гг. прошлого столетия публицистическом труде [6] привёл по этому поводу шутку физика Вильяма Брэгга старшего, сказавшего о теории Бора: «Она предлагает физикам пользоваться по понедельникам, средам и пятницам классическими законами, а по вторникам, четвергам и субботам квантовыми». Позднее в методологии научного познания будет использован термин СЛЕНТ – «строительные леса» научной теории. Он, по нашему мнению, как нельзя лучше характеризует состояние дел в теории атома в тот период времени, когда стало очевидно, что на законченную, стройную научную теорию то, что было представлено Н. Бором не претендует – правильно угаданный Бором «контур», «вектор» дальнейшего движения (в направлении признания идей дискретности, квантованности свойств, характеристик и параметров объектов микромира) не мог претендовать на создание нового теоретического здания, но вполне заслуживал признания в качестве первого шага в «ремонте» классической физики – одеванию её в строительные леса.

«Парадигма не может быть отброшена слишком легко...» – эти слова из книги Т. Куна, написанной гораздо позже обсуждаемых событий из мира

физики, будь они произнесены на несколько десятков лет раньше, могли бы оказаться пророческими, поскольку от обсуждаемых событий до завершения парадигмального сдвига было ещё очень далеко.

Кратко обрисовывая историко-методологическую панораму дальнейших событий, следует вспомнить о казалось бы, далёком от предмета обсуждения феномене, каковым является природа света, природа электромагнитного излучения, попутно заметив, что данный сюжет, как и многие предыдущие, проявляет обсуждённый выше сущностный контекст – в том смысле, что зачастую кажущиеся абсолютно не связанными друг с другом теории, концепции, представления физики через тот или иной промежуток времени «проявляют» эту связь, и иногда в очень неожиданных формах.

Как и теория строения атома, теория природы света имеет в физике очень давнюю историю: начало её относится к XVII в. и связано с именем великого Ньютона, представлявшего свет в лучших механистических традициях своего времени – как поток частиц (корпускул). Впоследствии в течение двух столетий с переменным успехом велась «борьба» данной теории света с волновой, в пользу которой свидетельствовали поэтапное экспериментальное открытие таких явлений, как интерференция, дифракция, поляризация, дисперсия света (связанных с именами известных физиков Т. Юнга, Х. Гюйгенса, О. Френеля, Й. Фраунгофера и многих других). В конце XIX в. «победила» и завоевала если не безоговорочное, то весьма широкое признание волновая теория света. Однако она дала серьёзный сбой применительно к проблеме излучения абсолютно чёрного тела, которой на рубеже веков занимался ещё один знаменитый физик М. Планк. Применяя известные волновые представления, Планк обратил внимание на то, что с увеличением частоты энергия (интенсивность) теплового излучения начинает возрастать и стремиться к бесконечно большим значениям – это резкое противоречие законам термодинамики вообще здравому смыслу получило название ультрафиолетовой катастрофы, и является ещё одним из примеров обсуждаемых нами «аномалий» по Т. Куну. Это проявилось и в том, что приведя в соответствие с термодинамикой и здравым смыслом проблему теплового излучения, М. Планк пришёл к выводу о том, что теоретическая интерпретация открытых им законов излучения чёрного тела не позволяет опереться на волновую теорию света – приходится неизбежно встать на позицию, согласно которой свет есть

поток частиц – квантов энергии (некий «поздний» прообраз корпускулярной теории). В течение четверти века Планк, находясь в плену волнового традиционализма применительно к излучению, боролся со своим собственным прозрением, однако, отказаться от него так и не смог. Кроме того, всё большее количество экспериментальных фактов на рубеже веков свидетельствовали о наличии у света квантовых (корпускулярных) свойств – это и обнаружение коротковолновой границы в спектрах тормозного рентгеновского излучения, и открытие в 1923 г. А. Комптоном рассеяния света на атомных электронах и многие другие. Не загружая читателя излишней физической информацией, отметим, что в конце концов в качестве логической «нормы» в физике был признан корпускулярно-волновой дуализм свойств света и электромагнитного излучения в принципе. Признанный логически допустимым и содержательно «состоятельным», принцип дуализма разрешал свету и электромагнитному излучению описываться как с позиций одной (волновой), так и другой (корпускулярной) модели, объявив такую двойственность непротиворечивой и сняв тем самым с повестки дня «жёсткий» вопрос о том, что такое свет – волна или поток частиц. Описание в аристотелевской дихотомичной логике по принципу «или – или» было заменено на диалектическое «и то, и другое одновременно».

Мы ведём сейчас речь об этой концепции затем, чтобы сделать ясной и понятной идею французского физика Луи де Бройля, который в 1924 г. (спустя примерно 10-11 лет после создания модели атома Резерфорда-Бора, оказавшейся несостоятельной, но до тех пор не нашедшей себе достойной научной замены) предложил распространить идею дуализма с электромагнитного излучения на микрочастицы вещества, транслировать её в микромир. Это уже вполне «подходило» бы на роль смены парадигмы, однако, первоначально не было ясно, какое отношение имеет это к теории строения атома. Вскоре, однако, «еретичная» по первоначальному восприятию многими представителями учёного сообщества идея получила массу экспериментальных подтверждений и теоретическое развитие: в 1927 г. Э. Шредингер и В. Гейзенберг предложили две авторские версии науки о волновых свойствах микрочастиц, по исторической несправедливости поименованной абсолютно противоположно по смыслу – квантовой механикой (такая несправедливость, однако, прочно закрепилась в

научном обиходе и вряд ли уже когда-либо будет исправлена). Этот «научный бренд», интеллектуальная гордость XX в. позволил вполне корректно, в соответствии с экспериментом объяснить все атомные закономерности и стать полноценной «сменой парадигмы» в интерпретации Т. Куна.

Ещё раз отметим, что подтвердился тезис Куна о том, что «парадигма не может быть отброшена слишком легко» – от осознания противоречивости модели Резерфорда-Бора классическим учениям до создания «новой парадигмы» квантовой механики прошло около полутора десятков лет.

Теперь о самой новой парадигме. Квантовая механика пересмотрела классические представления о принципе причинности, точнее, о его проявлениях в мире микрочастиц, «заменяла» в этом мире лапласовский детерминизм вероятностным, ввела не только в физический, но и в общенаучный методологический оборот принцип *дополнительности* – его автором по праву считается сам Нильс Бор. Этот аспект может быть наиболее понятен читателям, не знакомым детально с физикой, и мы обсудим его подробно.

Сам Нильс Бор выдвинул принцип *дополнительности* как некоторое пояснение к принципу *неопределённости* В. Гейзенберга, утверждавшему, что в микромире невозможно одновременно сколь угодно точно определить координату и импульс частицы: эти величины оказывались несовместимыми в одном акте наблюдения (измерения), но вместе с тем они обе были важны и существенны с точки зрения понимания и описания движения частицы – сам Бор называл их «дополнительными описаниями», не совместимыми и одновременно крайне необходимыми исследователю. (Выражаясь точнее, отметим, что принцип *неопределённости* утверждал, что меньше *неопределённости* одной из характеристик (например, координаты), то есть, чем больше «точность» её измерения, тем больше *неопределённости* в нахождении другой характеристики (импульса), – однако достигнуть одновременно идеальной точности в нахождении двух переменных в микромире было принципиально невозможно, и это не устранялось никакими инструментальными ухищрениями и усовершенствованиями).

Мы возьмём на себя смелость утверждать, что в такой интерпретации, жёстко привязанной к принципу *неопределённости*, идея *дополнительности* серьёзного философского значения не имела, однако Бору удалось расширить узкофи-

зическое толкование дополнительности до общенаучного методологического принципа. По его мнению, дополнительность есть характерная черта научного познания вообще, поскольку оно часто сталкивается с двумя взаимоисключающими описаниями объектов, оба из которых абсолютно необходимы исследователю. Бор, позиционируя принцип дополнительности, переходит от противопоставления только что обсуждённых двух описаний (подходов) к приданию им статуса ракурсных (точнее говоря, разноракурсных) описаний, каждое из которых по отдельности даёт неполную, ограниченную картину происходящего, взгляд под определённым углом зрения, причём (и это самое важное) не исключающий возможности и законности взгляда на исследуемый феномен под другим углом зрения.

В своих работах Н. Бор отмечал, что сложные объекты познания, как правило, не могут быть однозначно объяснены с некой единой точки зрения, описаны какой-либо одной моделью, а требуют различных систем представлений, иногда логически (дихотомично) несовместимых друг с другом, либо ограниченных в сфере своего действия (а иначе и не бывает, когда речь идёт о моделях), но (!!!) абсолютно необходимых для полной, панорамной картины исследуемого объекта или феномена. Другими словами, человеческое познание сложных объектов распадается на познание отдельных их «проекций», в логике одновременности исключающих друг друга, но абсолютно необходимых с точки зрения целостности описания; при этом каждая отдельная проекция просто не в состоянии дать полной информации об объекте, и более того, представленное совокупностью «проекций» целостное описание не есть простая сумма количеств информации, полученных при каждом отдельном «проецировании», – она в большинстве случаев содержит нечто большее, но принадлежащее только синтетическому конструкту, полученному при попытках совмещения «проекций», рождающееся при синтезировании в логике дополнительности отдельных взглядов, ракурсов и точек зрения. Такое родившееся из анализа специфики поведения объектов микромира интеллектуально «мощное» философское обобщение (возьмём на себя также смелость утверждать, что в некотором смысле его предпосылкой, ранним прообразом была идея корпускулярно-волнового дуализма света, о которой уже шла речь в нашей статье) реально могло претендовать на проявление феномена *сме-*

*ны парадигм* в той интерпретации, которую даёт в цитированной выше книге Т. Кун, причём не только конкретно-научных парадигм, но и научно-философских (физико-философских в обсуждаемом нами сейчас случае).

Суть изложенного можно дополнить тезисом Канта: суждения, противоречивые с точки зрения логики формальной, могут оба не противоречить друг другу и одновременно быть истинными с точки зрения логики трансцендентальной, то есть с точки зрения выявления природы и смысла (сущности) каждого из суждений.

Роль принципа дополнительности в расширенной трактовке (только что подробно обсуждённой), справедливости ради следует заметить, иногда и сегодня вызывает дискуссии. Есть вполне серьёзные исследователи, считающие, что идея дополнительности является идеей *ad hoc* – ничего не объясняющей. Сам же Н. Бор и многие его последователи считали, что человек видит и отражает мир в своём сознании ракурсно, компонентно, и задачей науки является построение целостной картины этого мира – в единстве и согласии различных ракурсов и компонентов. Потому с их точки зрения принцип дополнительности был ценен как возражение точке зрения, утверждавшей законность существования противоречивых на первый взгляд установок, не сливающихся друг с другом, но допускающих разумный синтез [4].

Чуть менее заметным, однако, интересным, по нашему мнению, «знамением» парадигмального сдвига в физике и философии науки в исследуемый период времени является формулировка Бором и Эйнштейном принципа соответствия, провозглашавшего в качестве одного из критериев истинности некой новой теории то обстоятельство, что при обратном переходе к той теории, на базе которой она родилась, новые результаты вновь облачались бы в прежние (классические) формы. Такого понимания диалектики развития научного знания в ранние периоды не наблюдалось и выдвинутого Бором и Эйнштейном критерия истинности теории не применялось. Что касается теории Бора, в полном «всеобъемлющем» виде отвергнутой квантовой механикой, то ряд её результатов всё же подтверждался путём предельных переходов от результатов квантовой механики – так называемое квазиклассическое приближение. Результаты новой концепции пространства-времени (специальной теории относительности) также в ряде предельных случаев переходили в ньютоновские.

Ещё одним ярким примером проявления обсуждаемых тезисов Т. Куна о силе аномалии, которая могла бы привести к смене парадигмы, о принижении ею сердцевины наличного научного знания, о чувствительности существующей парадигмы к аномалии является осознание физиками начала XX столетия нековариантности уравнений Максвелла при осуществлении перехода от одной системы отсчёта к другой согласно классическим преобразованиям Галилея, – фактически нарушение принципа относительности; эта аномалия отчасти и привела (в совокупности с рядом значимых экспериментальных фактов, конечно) к созданию отличных от галилеевых преобразований координат и времени, возвестивших о смене классической парадигмы на эйнштейновскую, релятивистскую. Если создание квантовой механики знаменовало собой смену парадигмы при переходе от макромира к микромиру, то создание теории относительности свидетельствовало о смене парадигмы при переходе от малых по сравнению со световой скоростью к скоростям, сравнимым с ней.

Из анализа приведённых примеров ясен и такой тезис Куна, который утверждает, что, как правило, некоторое время научное сообщество мирится с проявленным кем-либо несоответствием между «вдруг» обнаруженными фактами и существующими в обсуждаемый период времени теоретическими схемами. Адресуясь к кризису физики рубежа веков, отметим, что достаточно долго наблюдаемое отклонение в поведении высокоскоростных электронов в магнитном поле от результатов, предсказывавшихся классической механикой Ньютона, рассматривалось лишь как некий досадный факт, вполне возможно, обусловленный каким-либо несовершенством эксперимента, не требующим пересмотра парадигмальных оснований механики («парадигма не может быть отброшена слишком легко» – Т. Кун [8]). Здесь мы выходим на проблему стереотипов в научном сознании, его чрезмерной порой привязанности к традиционным схемам и взглядам, инерции мышления (даже в такой сфере, как наука).

На обсуждаемом этапе развития физики можно найти массу таких примеров. Сама теория Бора проявляет попытку учёного «совместить» новый атом с классикой, вписать в ньютоновские уравнения чуждый им логически и содержательно постулат квантования, не меняя принципиальных подходов к его рассмотрению. Другой пример «из рубежа веков» уже кратко обсуждался ранее – он связан с именем

М. Планка, пришедшего в результате интерпретации спектров теплового излучения к идее дискретности излучения света атомом, но ещё четверть века (!!) пытавшегося объяснить эти спектры с точки зрения признанной в то время волновой теории света, не привлекая идею квантования, не вводя своего знаменитого кванта действия  $h$ .

Еще один «стереотипичный» пример, связанный с кризисом классической наглядности (который можно по праву назвать одним из признаков радикальной смены физической парадигмы), проявившимся в обсуждаемый период развития физики, адресуется к физикам Гаудсмит и Уленбеку, придумавшим классическую аналогию спину электрона, предложив рассматривать его как момент импульса шара, вращающегося вокруг своей оси. Уже отправив статью об этом в научный журнал, учёные обнаружили несостоятельность этой аналогии и сказали об этом своему учителю П. Эренфесту, который, сославшись на занятость, сказал, что писать опровержения ему некогда и утешил начинающих учёных тем, что они молоды и могут позволить себе писать некоторые глупости. Однако, с лёгкой руки незадачливых интерпретаторов их аналогия попала в учебники и до сих пор иногда приводится.

Следующий тезис Т. Куна, который мы хотели бы обсудить, выражает мысль о том, что все изменения, которые приводят к научным открытиям, столь же *деструктивны*, сколько и *конструктивны*. После того, как открытие адекватно осознаётся научным сообществом, появляется возможность объяснить более широкую область природных явлений, нежели ранее, конечно, отбросив некоторые стандартные и ранее принятые подходы и исследовательские процедуры [8]. После того, как попытки ньютоновской механики «проникнуть» в микромир оказались неудачными, пришлось в принципе отказаться от попыток охарактеризовать состояние микрочастицы координатами и импульсами (как в механике Ньютона), заменив математический аппарат ньютоновской механики на операциональное исчисление, «прикладываемое» к волновым функциям, отражающим чуждые классике вероятностные подходы. Обращаясь к цитированной выше работе Т. Куна, находим своеобразное подтверждение этих соображений: «Значение кризисов заключается именно в том, что они говорят о *своевременности* (выделено авт. – О.Б., А.К.) смены инструментов (в широком смысле слова, конечно)... Банкротство существующих правил означает прелюдию к поиску новых» [8].



Подкрепляя тезис о конструктивности «новой» парадигмы, отметим, что весьма скоро после признания сообществом интеллектуалов научных прав квантовой механики и специальной теории относительности появилась на свет релятивистская квантовая механика (П. Дирак, 1928 г.), соединившая в своей логике и в содержании гений Эйнштейна (теорию относительности – механику больших скоростей) и заслуги основателей теории микромира [7]. Исследовательский поиск, в котором участвовало огромное множество интеллектуалов высочайшего уровня, был со временем доведён до высочайшей степени логического завершения: микромир получил адекватное физическое описание – как в обычном формате – при малых энергиях и скоростях частиц, так и в релятивистском – при скоростях, сравнимых со скоростью света в вакууме; сложился продуктивный «синтез» теории микромира и теории больших скоростей.

Продолжим цитирование работы Т. Куна и обратим внимание на такой тезис: «...возникновению новых теорий предшествует период резко выраженной профессиональной неуверенности, ... вероятно, порождающейся неспособностью нормальной науки решать головоломки в той мере, в которой она должна это делать» [8]. Характерным примером проявления этого может стать переписка В. Паули с друзьями – за месяц до выхода статьи В. Гейзенберга о матричной форме квантовой механики он пишет: «В данный момент физика очень запутана. Во всяком случае она слишком трудна для меня; я предпочёл бы писать сценарии для кинокомедий или что-нибудь в этом роде и никогда не слышать о физике» [9] – и это письмо известнейшего физика-теоретика, профессионала в разгадке тайн и ребусов, предлагаемых природой. Характерно, что спустя всего пять месяцев Паули пишет: «Гейзенберговский тип механики снова вселяет в меня надежду и радость жизни. Безусловно, он не предлагает полного решения загадки, но я уверен, что снова можно продвигаться вперёд» [9]. Ещё одним ярким примером отмечаемой Куном профессиональной неуверенности является и эмоциональное выражение А. Эйнштейна, относящееся к тому же периоду, что и первое письмо друзьям Паули: «Ощущение было такое, как если бы из-под ног ушла земля, и нигде не было видно твёрдой почвы, на которой можно было бы строить» [9].

Мы также считаем уместным в связи с последними обсуждаемыми тезисами Куна вспомнить о широко используемым им клише «реакция на кри-

зис» – при этом сам автор понимает под кризисом период, предшествующий, близкий по времени этапу смены парадигм, а также о таких клише, как «отказ от парадигмы», «выдвижение спекулятивных теорий», с той или иной степенью просвещающих отношение учёного сообщества к изменениям взглядов на мир научного социума, степень активного участия в принятии новых взглядов и подходов или противодействия им. В связи с исследуемым нами периодом развития физики мы считаем интересным упомянуть о том, что многие известные классики науки (корифеи) оказались не в состоянии принять, например, идею атома Резерфорда-Бора, несмотря на то, что она оказалась «победителем» среди многих других обоснованных в то же время атомных моделей (японца Нагаоки, Ф. Перрена), – таким оказался известнейший физик XIX-XX вв. Рэлей. При этом многие другие учёные-физики включились в активное научное сотрудничество: например, сам Нильс Бор, признавший половинчатость и противоречивость своей теории, вполне адекватно осознал её логическое развитие Э. Шрёдингером и В. Гейзенбергом, вплоть до конца жизни активно участвовал в научной работе, выступал со статьями в журналах и докладами на конгрессах и конференциях, сам ставил и решал научные проблемы – как теоретические, так и прикладные, и конечно, публиковал профессиональные философские статьи, обсуждавшие принцип дополнительности, принципы соответствия и причинности, а также многие другие методологические аспекты «новой» физической парадигмы. Кстати, и в цитируемой в нашей статье работе сам Т. Кун писал как об одном из «реактивных проявлений» об обращении учёных в кризисные с научной точки зрения времена к философии.

Последним интересным с нашей точки зрения тезисом Куна, имеющим отношение к рассматриваемому нами периоду развития физики, является тот, который использует в качестве содержательной основы клише «открытия, индуцированные теорией» (в оригинальных изданиях – theory induced) [1]. К числу подтверждающих этот тезис примеров мы считаем возможным отнести всё, что связано с исследованием атомного ядра, «спровоцированным» рождением квантовой механики. Это, например, открытие Боте и Беккером в 1930 г. гамма-излучения, открытие Д. Чадвиком нейтрона в 1932 г. и «рождение» современной протонно-нейтронной модели атомного ядра, предсказание в 1939 г. О. Ганом и Ф. Штрассманом возможности

высвобождения энергии при делении ядер урана, аналогичные работы Ф. Жолио-Кюри, Дж. Уиллера, Я.И. Френкеля, последующее предсказание и реализация цепной ядерной реакции и многое другое.

Ряд интересных примеров открытий типа "theory induced" по Т. Куну можно найти и в истории физики, относящейся к общей теории относительности (величайший по интеллектуальной мощи синтез эйнштейновских идей о пространстве, времени и гравитации). Это и отклонение луча света от прямолинейного распространения в мощном гравитационном поле, подтверждённое во время солнечного затмения в Южной Америке 29 мая 1919 г., открытие такого же эффекта для радиоволн (открытие квазаров в 60-х гг. XX столетия), предска-

зание Шварцшильдом в 1916 г. на основе общей теории относительности Эйнштейна чёрных дыр.

Подводя итог, следует отметить, что написанная гораздо позже исследуемого периода в развитии физики теория научных революций Т. Куна явилась одним из интересных примеров продуктивной ретроспективной рефлексии кризисного периода развития научного знания, «проявила» ряд важных методологических особенностей кризиса физики рубежа столетий, позволила перевести в методологический формат ряд характерных для него особенностей, а иногда по новому их осмыслить и углублённо «прочувствовать», соотнести с характерными проявлениями более поздних «научных революций».

### Список литературы:

1. Kuhn T.S. The function of measurement in modern physical science. Isis, 1961. 212 p.
2. Баксанский О.Е., Коржуев А.В. "В структуре мироздания ищем смысл...": электрон, атом, ядро. Историко-философские сюжеты физики на рубеже столетий. М.: ЛЕНАНД, 2014. 194 с.
3. Баксанский О.Е., Коржуев А.В. Кризис классической парадигмы в физике. М.: ЛЕНАНД, 2014. 200 с.
4. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание / Перевод с англ. В.А. Фока и А.В. Лермантовой. М.: Изд-во иностранной литературы, 1961. 186 с.
5. Гуревич П.С. Философия: учебник для бакалавров. М.: Юрайт, 2012. 574 с.
6. Данин Д. Нильс Бор // Наука и жизнь. 1972. №№ 1-9; 1973. №№ 4-9.
7. Дирак П. Лекции по квантовой теории поля / Перевод с англ. М.: ЛЕНАНД, 2011. 286 с.
8. Кун Т. Структура научных революций. М.: Мир, 1961. 318 с.
9. Работнов А.С. Ларчик можно не открывать. Квантовый туннельный эффект. Полвека загадок и открытий. М.: Энергоатомиздат, 1983. 212 с.

### References (transliteration):

1. Kuhn T.S. The function of measurement in modern physical science. Isis, 1961. 212 p.
2. Baksanskii O.E., Korzhuev A.V. "V strukture mirozdan'ya ishchem smysl...": elektron, atom, yadro. Istoriko-filosofskie syuzhety fiziki na rubezhe stoletii. M.: LENAND, 2014. 194 s.
3. Baksanskii O.E., Korzhuev A.V. Krizis klassicheskoi paradigmy v fizike. M.: LENAND, 2014. 200 s.
4. Bor N. Atomnaya fizika i chelovecheskoe poznanie / Perevod s angl. V.A. Foka i A.V. Lermantovoi. M.: Izd-vo inostrannoi literatury, 1961. 186 s.
5. Gurevich P.S. Filosofiya: uchebnyk dlya bakalavrov. M.: Yurait, 2012. 574 s.
6. Danin D. Nil's Bor // Nauka i zhizn'. 1972. №№ 1-9; 1973. №№ 4-9.
7. Dirak P. Lektsii po kvantovoi teorii polya / Perevod s angl. M.: LENAND, 2011. 286 s.
8. Kun T. Struktura nauchnykh revolyutsii. M.: Mir, 1961. 318 s.
9. Rabotnov A.S. Larchik mozhno ne otkryvat'. Kvantovyi tunnel'nyi effekt. Polveka zagadok i otkrytii. M.: Energoatomizdat, 1983. 212 s.