

БИБЛИОГРАФИЯ

019.941:53

**НЕПРЕРЫВНЫЙ ПОИСК НОВЫХ ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ
ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ****(к выходу второго тома избранных научных трудов Нильса Бора)**

Нильс Бор. Избранные научные труды, в двух томах (серия «Классики науки»), т. II, 1925—1961, М., «Наука», 1971, 676 стр., ц. 3 р.

Выходом второго тома завершается издание избранных научных трудов Нильса Бора. Во второй том вошли основные работы Бора за большой период, начавшийся созданием квантовой механики. На протяжении более чем тридцати лет Бор занимался вопросами интерпретации квантовой механики и внес огромный вклад в развитие квантовых представлений, означавших революцию в физике. Бор сформулировал принцип дополнительности и в знаменитой дискуссии с Эйнштейном с исключительной глубиной проанализировал особенности описания атомных явлений. Статьи, посвященные вопросам интерпретации квантовой механики и тесно связанным с ними вопросам истории развития квантовой физики и более общим вопросам естествознания, включая проблемы биологии, составляют значительную часть второго тома. Вместе с тем в этот том включены очень важные исследования Бора по квантовой электродинамике и теории атомного ядра, выполненные в 30-х и 40-х годах, а также ряд других статей.

Всего во второй том вошло 60 статей Бора за период с 1925 по 1961 г. Не включено в том около 40 статей, из них ряд мелких, представляющих ограниченный интерес. Из крупных работ Бора не вошло его теоретическое исследование прохождения быстрых частиц через вещество, изданное в русском переводе отдельной книгой в 1950 г. (Н. Бор, Прохождение быстрых частиц через вещество, М., ИЛ, 1950). Досадным упущением является отсутствие речи Бора на Международном фармацевтическом конгрессе в Копенгагене в 1960 г., русский перевод которой, выполненный В. А. Фоком и А. В. Лермонтовой, был опубликован в 1962 г. (О единстве физических знаний, УФН 76, 21 (1962)). Недостаточно представлены в томе высказывания Бора о международных проблемах: в томе напечатана статья 1945 г. «Вызов цивилизации» (статья 68), но не включены статья 1941 г. «Атомная физика и международное сотрудничество» и «Открытое письмо Объединенным нациям», опубликованное в 1950 г.

Из 60 статей, вошедших в том, основная часть (49 статей) переведена с английского, 9 статей переведены с немецкого и 2 статьи — с французского. Переводчики проделали значительную работу и, как и при издании первого тома, в целом успешно справились с задачей правильной передачи текста работ Бора, трудного для перевода, особенно в случае статей, посвященных более общим вопросам. Большая работа выполнена составителем тома У. И. Франкфуртом и его редактором С. И. Лариним. Они же вместе с М. Э. Омеляновским, А. М. Френком и А. Я. Ильиным составили полезные краткие комментарии к отдельным статьям. Комментарии удачно дополняет помещенная в качестве приложения к ним статья одного из редакторов избранных трудов Бора, В. А. Фока, «Квантовая физика и философские проблемы» (более подробное изложение этих вопросов было дано В. А. Фоком в сборнике «Ленин и современное естествознание») (М., «Мысль», 1969, стр. 186). Очень полезной является и помещенная в конце тома библиография, составленная У. И. Франкфуртом и А. М. Френком. Она охватывает все труды самого Бора и ряд работ о нем. Книга хорошо оформлена и в целом тщательно отредактирована; имеются, однако, и отдельные недосмотры, например на стр. 12 (строка 27 сверху) напечатано «в нижнем состоянии» вместо «в верхнем состоянии», а в библиографии на стр. 616 (строка 15 сверху) ссылка на статью Бора о дискуссии с Эйнштейном дана в квадратных скобках вместо круглых.

Второй том открывается статьей «Атомная теория и механика» (статья 28), опубликованной в самом конце 1925 г. Она содержит общую характеристику развития квантовой теории за предшествующий период. Последний раздел статьи, «Попытка создания рациональной квантовой механики», начинается ссылкой на то, что выполненную работу Гейзенберга по матричной механике, которую Бор характеризует (стр. 22) как «по-видимому, очень значительный шаг вперед на пути к новой формулировке проблем квантовой теории. Можно надеяться, что эта формулировка поможет преодолеть затруднения, связанные с применением механических представлений». Это было первое опубликованное высказывание Бора о создавшейся тогда, при ближайшем участии самого Бора, квантовой механике*). Бор подчеркивает, что «весь аппарат квантовой механики можно рассматривать как точную формулировку тенденций, заключенных в принципе соответствия». А заключает статью Бор следующими словами (стр. 24): «Можно надеяться, что началась новая эпоха взаимной стимуляции математики и механики. Физики будут, вероятно, прежде всего сожалеть о том, что в проблемах атомистики мы встречаемся, по-видимому, с ограничением наших обычных способов описания. Но это сожаление, надо думать, уступит место благодарности за то, что математика даже в этой области предоставляет нам инструмент для дальнейшего прогресса».

Важно правильное понимание точки зрения Бора на описание атомных явлений. В данной статье Бор пишет (стр. 22): «В противоположность обычной механике новая механика не имеет дела с описанием движения атомных частиц в пространстве и времени». Аналогичные высказывания встречаются у Бора и в последующих работах и неоднократно служили поводом для обвинений Бора в идеализме. Однако нельзя отрывать такие формулировки от общего контекста. Здесь и в дальнейших высказываниях Бора идет речь об ограниченности пространство-временного описания на основе классических представлений. В этой же статье Бор пишет (стр. 23), говоря о «глубоких затруднениях, которые связаны с представлениями о взаимодействиях между атомами как посредством излучения, так и при столкновениях», что «эти затруднения требуют, по-видимому, такого же отказа от *механических моделей в пространстве и времени* (курсив мой.— М. Е.), какой характерен для новой квантовой механики».

Исключительно важной является статья Бора 1928 г. «Квантовый постулат и новейшее развитие атомной теории» (статья 32), написанная на основе докладов Бора на Международном конгрессе физиков памяти Вольты (Комо, Италия, сентябрь 1927 г.) и на V Сольвеевском конгрессе (Брюссель, Бельгия, октябрь 1927 г.), по которым развернулась большая дискуссия. Именно на Сольвеевском конгрессе с возражениями против точки зрения Бора выступил Эйнштейн, что и было началом многолетней дискуссии между ними. О широте охвата фундаментальных вопросов в статье Бора свидетельствуют уже названия ее разделов: квантовый постулат и причинность, квант действия и кинематика, измерения в теории квантов, принцип соответствия и матричная теория, волновая механика и квантовый постулат, реальность стационарных состояний, проблема элементарных частиц. В статье подведены итоги важнейшего периода в создании квантовой механики (1924—1927 гг.), впервые сформулирован принцип дополнительности**), намечены основные пути дальнейшего развития квантовой теории. В самом начале статьи Бор пишет (стр. 30): «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». На основе анализа этой ситуации он приходит к выводу (стр. 31), что «в соответствии с самой природой квантовой теории мы должны считать пространственно-временное представление и требование причинности (речь идет о механической причинности.— М. Е.), соединение которых характеризует классические теории, как дополнительные, но исключают одна другую черты описания содержания опыта...» Здесь высказана идея дополнительности, которая затем конкретизируется в применении к излучению и к веществу. Далее Бор рассматривает соотношения неопределенности Гейзенберга и вновь подчеркивает дополнительный характер описания. Эта дополнительность прослеживается и в остальных разделах статьи, а заключает свою работу Бор (стр. 53) надеждой на то, «что идея дополнительности способна охарактеризовать существующую ситуацию, которая имеет далеко идущую аналогию с общими трудностями образования человеческих понятий, вытекающих из разделения субъекта и объекта».

*) О сотрудничестве Бора и Гейзенберга в тот период см. статью Гейзенберга «Квантовая теория и ее интерпретация» в сборнике «Нильс Бор. Жизнь и творчество», (М., «Наука», 1967, стр. 5), а также статью Бора «Возникновение квантовой механики» в данном томе (статья 85).

**) Интересный, хотя и во многом спорный, исторический анализ идей, подготовивших боровскую концепцию дополнительности, недавно дал Дж. Холтон в статье «Корни дополнительности» (G. N o l t o n, Proc. Am. Ac. Arts and Sci. 99, 1015 (1970)).

К рассмотренной статье Бора примыкают и его статьи «Квант действия и описание природы» 1929 г. (статья 34) и «Теория атома и принципы описания природы» 1930 г. (статья 35). Статьи 32, 34 и 35 вместе со статьей 28 вошли в сборник «Теория атома и описание природы», вышедший впервые (на немецком языке) в 1931 г. Изучение этих работ Бора, как и ряда последующих его работ, посвященных общим вопросам квантовой теории, не только представляет очень большой интерес для всех интересующихся историей развития основных идей современной физики, ее принципиальными проблемами и философским аспектом этих проблем, но и весьма важно для ведущих поиск путей решения очень трудных проблем теории элементарных частиц и физики высоких энергий. В непрерывном поиске новых путей развития физики Бор проявлял исключительную интуицию, о которой другой великий физик современности — Эйнштейн — говорил как о гениальной^{*}), и труды Бора дают замечательный пример такого поиска.

Несмотря на то, что Бор не опирался на диалектико-материалистическую философию и его формулировки в ряде случаев (особенно в работах рассматриваемого периода) могли быть истолкованы в духе идеализма и позитивизма, несомненно, что мышление Бора было глубоко диалектическим. Это относится, в частности, к высказываниям Бора о путях познания. В статье 1930 г. он пишет (стр. 69), что «вынужденный отказ от наглядности и причинности при описании атомных явлений, возможно, будет воспринят как крушение надежд, возлагавшихся вначале на теорию атома. Тем не менее с точки зрения современных взглядов мы должны приветствовать этот отказ как существенный прогресс нашего познания» и что мы должны «быть подготовленными ко все более глубокому абстрагированию от обычных требований непосредственной наглядности в описании природы».

Как уже указывалось, дискуссия Бора с Эйнштейном началась в 1927 г. В 1935 г. появилась статья Эйнштейна, Подольского и Розена «Можно ли считать квантово-механическое описание физической реальности полным?» (А. Эйнштейн, Собр. научн. трудов, т. III, М., «Наука», 1966, стр. 604), в которой дается отрицательный ответ на поставленный вопрос. В статье под тем же названием (статья 44) Бор возражает Эйнштейну и его соавторам и отстаивает точку зрения (стр. 180), что «квантовая механика в пределах своей области применимости представляется вполне рациональным описанием тех физических явлений, с которыми мы встречаемся при изучении атомных процессов». Он подробно анализирует с точки зрения дополнителности различные экспериментальные установки, применяемые для измерений квантовых объектов, и особо подчеркивает (стр. 189) «*принципиальное различие между классическим и квантово-механическим описанием физических явлений*» (курсив Бора. — М. Е.). Причинности и дополнителности посвящена статья 1937 г. в философском журнале «Erkenntnis» («Познание») (статья 47), в которой он говорит (стр. 206) о «ситуации, совершенно новой с точки зрения теории познания». Также в философском журнале «Dialectica» («Диалектика») Бор в 1948 г. печатает статью «О понятиях причинности и дополнителности» (статья 71). Наиболее полное изложение взглядов Бора на особенностях описания атомных явлений содержит статья 1949 г. «Дискуссии с Эйнштейном по проблемам теории познания в атомной физике», написанная в связи с 70-летием Эйнштейна и опубликованная в посвященном последнему сборнике (статья 72). Бор последовательно развивает свои идеи о дополнителности. В заключительной части статьи он пишет (стр. 432) о «глубоких истинах» — таких утверждениях, «что противоположные им также содержат глубокую истину». Эта идея Бора, как правильно отмечает в комментариях к статье М. Э. Омеляновский, соответствует идее диалектического противоречия.

Очень интересными, хотя и не во всем убедительными, являются и другие статьи Бора, в которых обсуждаются общие вопросы. К ним относится статья 1939 г. «Философия естествознания и культуры народов» (статья 57) и особенно статьи, написанные Бором в последние годы его жизни, статья 1955 г. «Единство знаний» (статья 77), статья 1956 г. «Математика и естествознание» (статья 78) и «Атомы и человеческое познание» (статья 79), статья 1958 г. «Квантовая физика и философия» (статья 82). В них Бор стремится дать возможно четкие формулировки своих взглядов. В ряде случаев он отказывается от прежних формулировок, могущих быть истолкованными в духе идеализма и позитивизма, в частности он перестает пользоваться термином «неконтролируемое воздействие».

К статьям Бора последних лет его жизни, посвященным общим вопросам, примыкают и статьи 1961 г. по истории развития квантовых представлений — «Возникновение квантовой механики», написанная к 60-летию Гейзенберга (статья 85), «Воспоминания об основоположнике науки о ядре и дальнейшее развитие его работ» (статья 86), представляющая переработанный текст лекции памяти Резерфорда, «Сольевеевские конгрессы и развитие квантовой физики» (статья 87). Дополняет материал этих весьма содержательных и глубоко продуманных статей, в которых прослеживается развитие

^{*}) А. Эйнштейн, Собр. научных трудов, т. IV, М., «Наука», 1967, стр. 275

новых физических идей, и статьи Бора, написанные в связи с юбилейными датами: статьи о Ньюtone (статья 69), Максвелле (статья 36), Зеемане (статья 42), Ридберге (статья 75) и других физиках.

В ряде статей Бора по общим вопросам рассматриваются проблемы биологии, которыми Бор очень интересовался. Им посвящены статьи 1933 г. «Свет и жизнь» (статья 38), часть статьи 1937 г. «Причинность и дополнительность» (статья 47), статья 1938 г. «Биология и атомная физика» (статья 52), часть статьи 1955 г. «Единство знаний» (статья 77), статья 1957 г. «Физическая наука и проблемы жизни» (статья 81), статья 1960 г. «Квантовая физика и биология» (статья 83). Бор стремился применить концепцию дополнительности к биологическим явлениям. Им было высказано много интересных мыслей, однако его аргументация не всегда представляется убедительной. Последнее в еще большей степени относится к применению Бором концепции дополнительности к психологии и общественным явлениям.

Как указывалось в начале рецензии, во втором томе напечатан ряд статей Бора по квантовой электродинамике и по теории ядра, представляющих очень большой интерес.

Весьма важными и интересными являются две работы Бора, выполненные совместно с Розенфельдом и посвященные проблемам квантовой электродинамики. Первая работа, «К вопросу об измеримости электромагнитного поля» (статья 39), была опубликована в 1933 г., вторая работа, «Измерение поля и заряда в квантовой электродинамике» (статья 73), — в 1950 г. Эти работы содержат очень глубокий анализ вопроса об измеримости электромагнитного поля и заряда в квантовой электродинамике, и они представляют не только исторический интерес, а заключающиеся в них идеи существенны для дальнейшего развития современной теории квантованных полей и элементарных частиц. Данный круг вопросов рассматривается также в статье 1934 г. «О методе соответствия в теории электрона» (статья 40) и в статье 1947 г. «Проблемы физики элементарных частиц» (статья 70).

Интересно отметить, что о квантовании электромагнитного поля Бор писал уже в 1921 г. в замечательной статье «К вопросу о поляризации излучения» (см. том I избранных научных трудов, статья 16). В ней сопоставлены выводы планковского закона излучения, данные Эйнштейном и Дебаем. Бор пишет (стр. 296), говоря о выводе Дебая, о важном «для формального построения квантовой теории понимании процессов излучения: «квантуемой» надо считать не саму атомную систему, а скорее атом вместе с излучением в окружающем пустом пространстве как целое. Чтобы добиться согласия с наблюдениями, необходимо все-таки предположить, что связь между частями общей системы описывается не с помощью классических электродинамических представлений, а подчиняется законам, из которых явствует, что при обмене энергией между атомом и полем излучения оба они как до, так и после процесса находятся в стационарных состояниях».

Важный цикл работ Бора посвящен теории ядра. Он начинается статьей 1936 г. «Захват нейтрона и строение ядра» (статья 45), в которой дается общая характеристика задачи о ядерных превращениях, вызываемых захватом нейтрона, и статьей 1937 г. (совместно с Калькаром) «О превращениях атомных ядер, вызванных столкновениями с материальными частицами» (статья 48), содержащей более подробное рассмотрение вопроса с соответствующими оценками. Совместная с Пайерлсом и Плачеком статья 1939 г. посвящена ядерным реакциям в области энергий непрерывного спектра (статья 60). К 1939 г. относится и важнейшая работа Бора по теории ядра, совместно с Уилером, «Механизм деления ядер» (статья 61), в которой дается подробное объяснение механизма деления атомного ядра на основе модели ядра как жидкой капли. Несколько работ 1940—1941 гг. посвящены торможению осколков деления (статьи 63, 64 и 66). В работе 1954 г. (совместно с Линдхардом) дается теория процессов захвата и потери электронов тяжелыми ионами при их прохождении через вещество (статья 74); это последняя работа Бора из цикла работ, посвященных проблеме прохождения заряженных частиц через вещество, которой Бор занимался еще в начале своей научной деятельности. Помимо перечисленных, во второй том вошел и ряд других работ Бора, дать характеристику которых в кратком обзоре не представляется возможным.

Прочтение и изучение работ Бора, включенных в оба тома его избранных трудов, несомненно, будет весьма интересным и полезным для широкого круга физиков и специалистов смежных областей и вместе с тем позволит им получить более полное представление об этом великом физике XX века, работы которого представляют непревзойденные примеры поиска новых путей развития физической теории.

Следует выразить надежду, что изданием избранных трудов Бора в двух томах не завершится публикация его работ на русском языке. В данное издание не вошел ряд важных работ Бора, а за рубежом сейчас начато издание полного собрания его трудов, в которое войдет ряд неопубликованных материалов, и весьма желательно в ближайшие годы выпустить дополнительный том трудов Бора с включением и некоторых его писем.

М. А. Ельяшевич