

16. *Bennet Willard H.* Magnetically Self-Focussing Streams.— *Phys. Rev.*, v. 45, 1934, pp. 890—897.
17. *Головин И. Н., Кадомцев Б. Б., Толок В. Т.* Исследования по управляемым термоядерным реакциям в СССР. В кн. Советская атомная наука и техника. М.; Атомиздат, 1967, с. 204—219.
18. Проспект ИАЭ. М., Внешторгиздат, 1978 г.
19. Ежегодник ИАЭ 1977—1978. М.: ИАЭ, 1979.
20. *Мухоматов В. С.* Токамаки. В сб. Итоги науки и техники. Серия «Физика плазмы». Т. 1, ч. I. М.; ВИНТИ, 1980, с. 6—118.
21. *Чуянов В. А.* Современное состояние исследований по управляемому термоядерному синтезу.— *Атомная энергия*. Т. 43.— Вып. 5, 1977, с. 351—359.
22. *Мирнов С. В., Мухоматов В. С., Стрелков В. С., Шафранов В. Д.* Обзор современного состояния работ на токамаках в СССР.— *Физика плазмы*. Т. 2.— Вып. 2, 1976, с. 348—360.
23. *Стрелков В. С.* Исследования горячей плазмы на Токамаке-10.— *Природа*, № 11, 1977, с. 72—79.
24. *Велихов Е. П., Кадомцев Б. Б., Орлов В. В.* Термоядерный синтез и атомная энергетика.— *Теплоэнергетика*, № 11, 1977, с. 59—66.
25. *Shafranov V. D.* Stellarators— *Nuclear fusion*, v. 20, N 9, 1980, pp. 1075—1083.

REVIEW OF THE PREHISTORY AND DEVELOPMENT OF THE MAIN TRENDS OF THERMONUCLEAR RESEARCH

Academician KADOMTSEV B. B., SMIRNOV S. A.

A short review of the development of the ideas on physical processes in plasma, which lead to the problem of controlled thermonuclear reaction is given. The development of the research on pinched and closed magnetic systems for receiving and keeping plasma with thermonuclear parametra and the construction of thermonuclear reactor is described.

ЭЙНШТЕЙН И ДЕ БРОЙЛЬ

Историко-философские и историко-научные заметки

КУЗНЕЦОВ Б. Г.

1. Критерии истины.

Публикуемая в этом номере переписка Эйнштейна с Луи де Бройлем может служить поводом для обсуждения некоторых весьма общих проблем истории науки. Именно поводом. Сама общность трактуемых в письмах проблем требует сопоставления писем с другими высказываниями ученых. Я позволил себе сослаться подчас не только на статьи и опубликованные речи, но и на личные замечания де Бройля в беседе, происходившей весной 1980 г. Непосредственная связь собственно физических проблем с историко-философскими и историко-научными проблемами характерна и для этой беседы, и для самой переписки, и для всего автобиографического, мемуарного и эпистолярного наследства, которое оставляет будущему наука XX в., особенно его второй половины, начиная с «Автобиографических заметок» Эйнштейна, опубликованных в 1949 г. Связь с историко-философскими и историко-научными проблемами характерна для этого наследства, так как оно включает не только итоги и прогнозы, но и общий ретроспективный пересмотр всего прошлого науки.

В 1923 г. в сентябрьском номере *Comptes Rendus* появилась статья де Бройля, где он рассматривал как нечто связанное одно с другим основные идеи оптики и механики — принцип Ферма и принцип Мопертюи. В следующих номерах была сформулирована волновая механика. Она составила содержание докторской диссертации де Бройля. Последний просил Ланжевена ознакомиться с напечатанным на машинке текстом и дать второй экземпляр Эйнштейну. Эйнштейн прочитал работу де Бройля и написал Ланжевону, что автор «поднял великий Занавес».

Через тридцать лет де Бройль закончил свою речь «Дуализм волн и частиц в работах Альберта Эйнштейна» на собрании Парижской Академии наук заявлением о большой трудности перехода от принятой большинством физиков копенгагенской версии к более глубокому, по его мнению, пониманию корпускулярно-волнового дуализма («Перед вопрошающим ее человеческим духом природа ревниво защищает свои секреты») и затем фразой: «Очень трудно поднять этот великий Занавес» [2, с. 51].

Годом раньше Эйнштейн писал де Бройлю о своей позиции в отношении квантовой механики как о позиции «страуса, зарывающего все время голову в релятивистский песок, чтобы не взглянуть в лицо злым квантам».

В двадцатые годы накануне широкого признания и однозначного подтверждения волновой механики де Бройль послал Эйнштейну свою статью, а Эйнштейн уже несколько лет как получил столь же однозначные астрономические доказательства теории относительности. Это был период «бури и натиска» неклассической науки. Теперь, в пятидесятые годы, де Бройль чувствовал себя одиноким в поисках детерминистской квантовой механики, а Эйнштейн, может быть, еще более одиноким, — в оппозиции принципу неопределенности и в попытках создания единой теории поля.

Что означает эта смена настроения? Нет ли здесь некоторого не только биографического, но и исторического различия, между 20-ми и 50-ми годами, некоторого закономерного и необратимого изменения стиля научного мышления?

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно ближе присмотреться к гносеологическим основам идей Эйнштейна и де Бройля, в особенности к эволюции и смыслу понятия детерминизма и понятия дуализма волн и частиц. К анализу этих понятий можно подойти со стороны их связи с гносеологическим кредо Эйнштейна в его «Автобиографических заметках». Речь идет о двух критериях для выбора физической теории: **внешнем оправдании** (экспериментальном подтверждении) и **внутреннем совершенстве** (возможности вывести теорию из наиболее общих принципов без дополнительных допущений) [3, с. 266—267]. Эти критерии высказаны Эйнштейном применительно к выбору между классической и новой, релятивистской физикой, но они обладают и более общим значением. «Что есть истина?» — этот вопрос охватывает все человеческое познание, логические конструкции и эмпирические констатации, неотделимые от практики преобразования мира. Эйнштейн дает новую, связанную с математикой, механикой и электродинамикой, с физикой в целом, формулировку сквозной коллизии познания и утверждает идею неотделимости эмпирического и логического познания мира. Таков один из самых общих инвариантов познания: мы познаем мир, мы достигаем истины, когда частная, единичная констатация, локальное чувственное ощущение **здесь-теперь** получает объяснение в рамках **вне-здесь-теперь**, в качестве логического вывода из общего закона.

Опираясь на неотделимость Логоса и Сенса, научные наблюдения и логические конструкции становятся **истиной**, связывающей познание с бытием. Онтологическим эквивалентом гносеологических критериев, онтологическим эквивалентом истины служит причинная связь, объективный детерминизм, реальная связь данного процесса с другим, более общим. Вывод познания из **здесь-теперь** во **вне-здесь-теперь** отражает объективную однозначную зависимость одного процесса от другого, детерминированность бытия.

Связь детерминизма с инвариантами постижения истины позволяет увидеть не только историческую инвариантность детерминизма, неустрашимость понятия причины из картины мира, но и сложность этого понятия, его преобразование (понятие инварианта теряет смысл без понятия преобразования?), его **историю**. **Внутреннее совершенство** научной теории вступает в коллизию с ее **внешним оправданием** — в такой коллизии и состоит гносеологический потенциал науки, внутренний импульс ее развития. Подобному развитию представлений о причинной связи сопутствует не только выявление новых причин, но и преобразование самого понятия причинной связи, самой идеи детерминизма.

2. Эйнштейн, де Бройль и Мейерсон.

Эволюция самой идеи детерминизма превращает теорию познания в историческую дисциплину, а историю науки — в гносеологическую. Если в истории человеческой цивилизации меняется не только ответ на вопрос: «какова причина тех или иных явлений?», но и ответ на вопрос: «что означает понятие причины для данного исторического этапа?», то связь между историко-научными и гносеологическими проблемами становится более тесной. Поэтому анализ отношения идей де Бройля и идей Эйнштейна (эволюция самого понятия причинности в значительной мере раскрывает это отношение) включает некоторую характеристику историко-гносеологических позиций обоих мыслителей. Здесь можно ограничиться только одной, связывающей Эйнштейна и де Бройля, общей для них оценкой историко-научных идей Эмиля Мейерсона. Его книге «Релятивистская дедукция» [4] посвящена специальная статья Эйнштейна,

появившаяся в 1928 г. во французском журнале [5]. Эйнштейн считал книгу Мейерсона лучшей из гносеологических книг о теории относительности. При этом он подчеркивал «сходство между релятивистским мышлением и законами и общими тенденциями, выявившимися в науке ранее» [3, с. 100]. Это, действительно, существенная сторона книги Мейерсона. Гносеологический характер этой работы означает переход от физики к ее истории, к истории познания в целом, к тому, что было выше названо инвариантами познания.

Навстречу этой тенденции в творчестве Мейерсона идет попытка гносеологического обобщения квантовой механики. Такой попыткой была его работа «Реальное и детерминизм в квантовой физике» [6]. Очень интересно проследить связь между общей историко-философской и историко-научной концепцией Мейерсона и его представлением о сущности квантовой физики. В своем предисловии к посмертному изданию «Опытов» французского философа де Бройля дал очень интересный анализ идей Мейерсона [7]. Он пишет о «фибрах реальности», о некотором субстрате, реальность которого включает как необходимые компоненты тождественность себе и вместе с тем изменчивость. Эта идея Мейерсона определяет его позицию в отношении квантовой физики. Он ее берет в целом, что позволяет увидеть нечто общее в различных версиях, включая и господствующую, основанную на принципе дополнительности, и оппозицию де Бройля, и попытки Эйнштейна пойти дальше вероятностной трактовки. Мейерсон отнюдь не поддерживает концепцию двойного решения и «волны пилота». Он приводит строки Гейзенберга о фиктивности абсолютного детерминизма, вспоминает по этому поводу споры с их противниками, *сипатеп* Эпикура — прообраз каузально неопределенных движений, вспоминает философов XVII в. [6, с. 37]. Но при этом он видит нечто общее во всех версиях квантовой физики. Это общее — исторически развивающийся, варьирующий, отнюдь не абсолютный в последней инстанции, детерминизм. Можно показать, что такое представление навеяно историей науки. В «Тождественности и действительности» Мейерсон приходит к выводу (это главная мысль указанной книги и последующих работ), что тождество причины и следствия уничтожает бытие: если предшествующее мгновение не отличается от последующего, время сливается в одно мгновение, время останавливается. (Таким образом, в каузальные связи входит нечто не содержавшееся в причине, оставляющее место дальнейшему анализу.) В «Тождественности и действительности» Мейерсон в значительной мере опирается на идеи Сади Карно, на отличие «раньше» от «позже», на необратимость времени как результат растущей энтропии. В работе «Реальность и детерминизм в квантовой физике» речь идет уже не о макроскопической необратимости, а о необратимости времени в микромире. Мгновение в микромире отличается от предыдущего. Детерминизм включает квантовые *сипатеп*. Время входит в понятие бытия, в этом состоит каждый этап необратимого развития науки и на каждом ее этапе наука сталкивается с некоторыми очередными барьерами детерминизма. Соответственно обобщается и расширяется **вовременная, пространственно-временная, четырехмерная** картина мира. В нерелятивистской квантовой механике еще сохраняется «данный момент» в смысле некоторого нерелятивистского понятия, но дальнейшее развитие познания идет в сторону более решительного утверждения четырехмерной картины мира. Конечно, только сейчас, с развитием и новыми перспективами квантово-релятивистской физики мы можем увидеть эти общие тенденции философии Мейерсона, которые соединяют имена и идеи де Бройля и Эйнштейна не только в смысле близости оценок, но и в смысле гносеологических позиций двух мыслителей.

Для гносеологической позиции де Бройля характерно следующее замечание в предисловии к «Опытам» Мейерсона. Де Бройль говорит, что квантовая физика, быть может, приведет к дальнейшему развитию концепции Мейерсона [7, с. XII]. Сейчас мы можем говорить определеннее

о таком развитии. Исходная идея, высказанная в «Тождественности и действительности» и в последующих, историко-научных трудах Мейерсона,— это идея **нетривиальной себестождественности**. Тривиальная себестождественность означает, что частица тождественна самой себе, находясь в той же точке пространства и в то же мгновение. Это исключает движение частицы, и здесь Мейерсон подводит итог всей истории познания, преодолевшей элейское отрицание движения, рассматривавшей частицу в ее движении, с нетождественными пространственными координатами. «Релятивистская дедукция» ввела в нетривиальную себестождественность время: теория относительности отказалась от вневременного бытия. В книге «Реальное и детерминизм» нетождественность еще больше входит в бытие, тождественность становится еще более нетривиальной, движение частицы, изменение ее локализации меняет сопряженные с локализацией, с координатами динамические переменные.

А дальше? Теория сильных взаимодействий и элементарных трансмутаций создает (в значительной мере пытается создать) картину, в которой движение частицы включает изменение ее массы, заряда и других, казалось бы, субстанциальных свойств.

Таким образом, из историко-научной концепции Мейерсона под влиянием великих открытий XVII—XX вв. выводится эволюция детерминизма. Он был классическим механическим, статистическим, релятивистским, квантовым, и на этом эволюция не заканчивается, вырисовываются контуры квантово-релятивистского детерминизма.

Эти гносеологические позиции, как они были выражены Мейерсоном или как они вытекали из идей Мейерсона, не являются историческими истоками открытий Эйнштейна и де Бройля. Эйнштейн прочитал «Релятивистскую дедукцию» в 1928 г., а де Бройль познакомился с Мейерсоном и с его творчеством в начале 30-х годов. Но сопоставление идей философа и историка науки с идеями великих физиков позволяет яснее увидеть некоторый общий, характерный для неклассической науки исток, связанный с исторической картиной эволюции познания. Такой исток — идея эволюции самого понятия причинности.

3. Эволюция детерминизма.

Одиночество де Бройля, стена, отделившая его от подавляющего числа современных физиков (за вычетом небольшой группы) — это его концепция двойного решения, устраняющая, как казалось мыслителю, вероятностную теорию Бора, Гейзенберга и Борна. Они считали квадрат волновой функции мерой вероятности встречи с частицей в данной пространственно-временной точке*. Здесь нас интересует иная историко-философская и историко-научная сторона дела — поиски той общей концепции эволюционирующего детерминизма и той **вопрошающей** компоненты познания, которые объясняют отношение Эйнштейна к теории двойного решения. Эйнштейн не был согласен с этой теорией, но интересовался ее содержанием и в публикуемых письмах де Бройлю говорит с несомненной симпатией о появившейся с начала 50-х годов бройлианской критике господствующих взглядов копенгагенской школы. Было бы наивным упрощением думать, будто указанная симпатия вызвана «чувством локтя» перед лицом общего противника. Эйнштейн не был согласен с позитивной концепцией де Бройля и его сторонников. Но он, как мне кажется, видел в наличии нерешенных проблем квантовой механики неминимизма. Такое впечатление создается при чтении критических замечаний в адрес квантовой механики, при чтении публикуемых писем де Брой-

* Для тех, кто не знает содержания возникшей дискуссии, сошлюсь на вышедший в 1955 г. в Москве сборник статей как защитников идей де Бройля, так и его противников (Вопросы причинности в квантовой механике: Сб. переводов. М., 1955).

лю и по мере знакомства с литературным и эпистолярным наследством Эйнштейна в целом.

Поиски необратимой эволюции детерминизма и инвариантного субстрата в его преобразовании, как уже говорилось в первом параграфе этой статьи, могут происходить в свете эйнштейновских критериев **внешнего оправдания** и **внутреннего совершенства**. Эти критерии приводят к разграничению абсолютной и относительной истин, причем их связь реализуется **необратимым** и бесконечным приближением к абсолютной истине. Но что именно в данной конкретной теории становится элементом необратимого перехода к истине? Прежде всего некоторая концепция, которая уже не может быть оставлена и опровергнута целиком, а может быть только уточнена и определена в смысле границ достоверной применимости. Элементом необратимого развития науки может быть теория, поставившая новые вопросы, не получившие однозначного ответа, теория, не получившая внешнего подтверждения и не достигшая внутреннего совершенства, но ставшая импульсом для дальнейшего развития.

Когда перипатетическая картина мира уступила господствующее место классическим представлениям, мыслители первой половины XVII в. ограничили мир действующих причин толчками других тел, а Ньютон свел причины физических явлений к силам, действующим между телами. Эта тенденция встретила некоторую оппозицию. Гёте говорил о многочисленных, быть может, бесконечных «поперечных» каузальных связях, усложняющих динамический, ньютоновский детерминизм. Высшее выражение классического детерминизма — демон Лапласа, знающий скорости и положении всех частиц Вселенной и способный точно предсказать все ее будущее. Но вместе с тем это и высшее выражение фактической невозможности учесть все уравнения движения частиц бесконечной Вселенной. Поэтому Лаплас и предоставляет такую задачу демону. Термодинамика не только отказывается от этой задачи ввиду ее невыполнимости. Она игнорирует механику молекул, рассматривает движения молекул как вероятные, изучает изменение вероятностей и получает картину возрастающей энтропии изолированных систем. Установление классического детерминизма теперь поручено демону Максвелла, отбирающему отдельные молекулы с различными скоростями. В современной физике еще нет подобного перемирия, нет парадигмы, нет отсрочки для перехода от релятивистского детерминизма, т. е. ограничения причинных связей световым конусом, скоростью света и квантовой концепцией, детерминирующей динамическую переменную за счет неопределенности сопряженной с ней другой переменной. Компромисс квантового и релятивистского детерминизма не устраивает Эйнштейна и, с другой стороны, не позволяет избавиться от физически недопустимых выводов при релятивистском подходе к микромиру. Отсюда сложная позиция Эйнштейна — признание несомненного и беспрецедентного по объему **внешнего оправдания** статистико-вероятностной версии квантовой механики и вместе с тем ощущение ее недостаточного **внутреннего совершенства**. Отсюда — «политика страуса, прячущего голову в релятивистский песок», о которой Эйнштейн говорит в письме де Бройлю от 8 марта 1954 г.

Все дело в том, что сложность детерминизма (причем необратимо и бесконечно растущая сложность) сейчас уже не только служит основой исторической периодизации. Переход к новой форме детерминизма, охватывающего космос и микрокосм, демонстрация **изменчивости самого понятия детерминизма** — это непосредственная задача науки как таковой. Такое положение вещей в современной физике приводит к новому положению истории науки в самой науке и в современной цивилизации в целом.

4. Наука и история науки.

Историзм Эйнштейна и де Бройля иллюстрируется не только подготовленной первым из них (совместно с Инфельдом) «Историей идей в физике» и не только признанием де Бройля: «я прочитал за последние десятилетия больше книг по истории, чем по физике» (в уже упоминавшейся беседе весной 1980 г.). Речь идет о некоторой фундаментальной особенности познания мира в первой и особенно во второй половине XX в. В неклассической физике стало особенно явным движение науки по спирали, соединяющее, во-первых, некоторое, условно говоря, повторение круга, т. е. возможность исторических сопоставлений, и, во-вторых (быть может, во-первых!), повторимость этих кругов, необратимое нарастание, существование некоторой анизотропии времени в познании. Представление о кругах философии, о спирали познания, где каждый виток может оказаться выпрямленным, стать касательной, уводящим от науки метафизическим абсолютом, — основа историко-философского анализа, основа теории познания [1, с. 322]. Той теории познания, которая становится неотделимой от его истории. Той философии, которая соответствует замечанию В. И. Ленина о продолжении дела Гегеля и Маркса, состоящем в диалектической обработке истории науки и техники [1, с. 131].

Концепция движения по спирали позволяет отчетливее представить себе историзм де Бройля и Эйнштейна и имеет большое значение для высказанных в их переписке идей и склонностей. Де Бройль в прочитанную им публичную лекцию «Польза и уроки истории науки» включил параграф: «История науки как драгоценный источник сведений о механизме научного прогресса и законах его развития», где изложена концепция развития науки по спирали [8, с. 308—314]. Здесь интересны не только гносеологические истоки, но и гносеологические выводы из такой концепции. Де Бройль, в частности, рассказывает о своем возврате к первоначальной оппозиции вероятностному пониманию квантовой механики. Но он говорит не об однозначном решении проблемы, а о вернувшихся сомнениях, о попытке поставить вопрос о синтетической теории [8, с. 311].

Мне кажется, этот историко-научный подход к коренной коллизии современной физики позволяет уточнить позиции де Бройля, а также Эйнштейна по отношению к квантовой механике — к взглядам Бора, Гейзенберга, Борна и других создателей и защитников вероятностной версии. Речь идет отнюдь не о некотором физическом плюрализме. Речь идет об идущих по различным путям поисках единого решения. Критические замечания де Бройля и Эйнштейна в адрес квантовой механики не претендовали на превращение «сомнений» в однозначные теории. Этому препятствовала прежде всего историко-научная презумпция, презумпция подвижности и изменчивости основных принципов физики, основных общих принципов, из которых выводятся частные теории, обретая внутреннее совершенство.

Значение историко-научной презумпции для науки XX в. можно сделать более отчетливым, если вернуться к понятию парадигмы. Применительно к анализу переписки Эйнштейна и де Бройля в 1953—1954 гг., к проблеме их отношения к квантовой механике, к особенностям науки второй половины XX в. это понятие может быть несколько дополнено.

5. Геронтология неклассической науки.

Познание всегда движется по спирали, с некоторым возвышением, подъемом вдоль оси спирали. Переход на новый круг происходит все время, новая эпоха в науке подготавливается исподволь, полностью вертикальных переходов на новый круг познания, вообще говоря, не происходит. Но вертикальная компонента движения может быть более или менее

стремительной, и, продолжая ту же геометрическую аналогию, можно сказать, что крутизна подъема по спирали (продвижение вверх) бывает различной. Подчас стремительное и плодотворное движение по окружности в малой степени сопровождается переходом на следующий круг, и, напротив, накопившиеся вопросы, противоречия и затруднения приводят к крутому подъему. С гносеологической точки зрения, когда речь идет о познании в целом, движение вдоль оси спирали, переход к новому кругу — это установление нового общего принципа, из которого вытекают частные теории, иначе говоря, быстрый подъем **внутреннего совершенства** этих теорий. Переход к новому принципу, на новый круг спирали подготавливается усилением вопрошающей компоненты познания. Особенностью второй половины нашего столетия является одновременность беспрецедентной интенсивности этой вопрошающей компоненты и столь же беспрецедентной интенсивности и широты **внешнего оправдания**. Для второй половины века характерно беспрецедентное совпадение вычисленных значений с наблюдаемыми, лавинообразное увеличение числа известных элементарных частиц, астрофизические наблюдения, расширившие в небывалой мере сведения о звездах, галактиках и межгалактических пространствах. И вместе с тем никогда еще в науке не было столь интенсивных и в значительной мере пока не решенных вопросов о смысле понятия элементарности, о причине различий между частицами, о единстве полей, об истории и судьбах Метагалактики. Как далеко это время от первой четверти века, от безостановочной серии неожиданных, порой парадоксальных, но по большей части однозначных ответов, обладающих высоким **внутренним совершенством**!

Мне уже приходилось сравнивать два этапа научной революции XVII в., соответствующие двум этапам творческого пути одного и того же ученого, с Илиадой и Одиссеей. Римский историк Лонгин говорил, что Илиада принадлежит молодому Гомеру, а Одиссея — старому, в ней больше размышлений, чем действия. С этой точки зрения «Диалог» Галилея — аналог Илиады, а «Беседы» — Одиссеи. Но в действительности здесь сказывается не столько возраст Галилея, сколько филогенетическая эволюция науки Постренессанса. Это возраст эпохи [9, с. 225—226]. После баталлий в защиту гелиоцентризма, после великих открытий, изложенных в «Диалоге», наступило время размышлений о бесконечности, о непрерывности движения, о природе силы.

Неклассическая наука XX в. тоже перешла от великих физических открытий начала столетия к полосе весьма общих проблем, которые далеки от решения. Наука сейчас демонстрирует свой подъем по спирали. В некоторой мере это сказывается в различии интересов поколений. Во второй половине жизни Эйнштейн занимался проблемой единой теории поля, де Бройль — поисками нового детерминизма, Гейзенберг — созданием нелинейной единой теории элементарных частиц. Но в целом это не онтогенетическая, а филогенетическая характеристика, проблема геронтологии науки. Не хотелось бы, чтобы слово «геронтология» ассоциировалось с его физиологическим значением. Лучше, чтобы оно ассоциировалось с его древними истоками: в Греции геронты решали самые важные государственные задачи. История науки видит зрелость каждой эпохи в самосознании науки, понимающей границы парадигмы, то, что можно назвать **антипарадигмой**, то, что подготавливает новые, более общие исходные принципы. Поиски, вопросы, стремления к новому кругу спирали, к новому, еще далекому, быть может, от однозначной формы, — только в этом смысле слово «геронтология» может быть применено к науке, вечно юной в своем филогенетическом развитии.

Оно может быть применено и к отдельной теории. Зрелость специальной теории относительности — это поиски преодоления ее ограниченности, ее обобщения на ускоренные движения, те несколько лет, когда Эйнштейн в ряде вариантов шел к общей теории относительности. Зрелость общей теории — это затянувшиеся на десятилетия поиски ее выхода за

пределы гравитационных полей. По-видимому, такой выход связан с новым кругом науки в целом.

Существует одна, впрочем далеко не кардинальная, черта геронтологии науки, которая несколько напоминает тот же термин в физиологии и даже в патологии. Она, эта черта, враждебна геронтологии как вечно юной науке, геронтологии как этапу необратимого движения науки по спирали, как этапу наиболее интенсивных поисков **внутреннего совершенства** научных теорий. Речь идет о попытках догматизации и абсолютизации установившихся физических принципов, об отказе от концепции непрерывного и бесконечного приближения к истине. «Геронты» неклассической физики никогда не претендовали на роль геронтов-законодателей. Ни Эйнштейн, ни другие адепты **внутреннего совершенства** не были склонны ни к абсолютизации ответов, уже полученных в диалоге с природой, ни к абсолютизации новых, заданных ей вопросов, к превращению этих вопросов в ответы. Эйнштейн до конца своих дней ожидал новых результатов в своих поисках единой теории поля и никогда не считал однозначным ответом заданные им вопросы, порой принимавшие форму неоднозначных решений. С этой стороны интересна статья де Бройля «Необходимость свободы в научных исследованиях», написанная в апреле 1978 г. и опубликованная одновременно с перепиской Эйнштейна — де Бройля [2, с. 62—64]. Конечно, в этой статье есть подтекст — защита его собственных представлений, противоречащих мнению большинства. Но важно тут другое: только критерии истины — опыт и логическая стройность теории — служат основой выбора научной теории. Свобода науки — это ее зависимость от критериев истины, динамических критериев, гарантирующих ее движение.

Есть еще одна, уже чисто эмоциональная черта, сближающая современную науку, вернее психологию ее творцов, с Одиссеей. Это — настроение тихой грусти, пронизывающее поэму Гомера. Мы чувствуем такое настроение в переписке и даже в некоторых статьях Эйнштейна, в автобиографии Гейзенберга (с ней мы вскоре встретимся). У Эйнштейна, переписка которого в значительной мере опубликована, ее легче заметить, но она характерна и для других создателей неклассической физики. Здесь целый спектр настроений, иногда трагических (как у Эренфеста), иногда примиренных (как у Эйнштейна). Трагическая нота у Лоренца, который жалел, что не умер до крушения классической физики, резко отличается от настроений физиков следующего поколения. Он терял старые ценности и расставался с прошлым. Эренфест сомневался в своей способности участвовать в новом развитии современной физики — по мнению Эйнштейна, это было одной из причин самоубийства Эренфеста. О настроениях де Бройля мы знаем очень мало, о них можно догадываться по трудно осязаемому в собственно научных статьях эмоциональному подтексту. То, что высказывалось Эйнштейном, в какой-то мере и в каких-то различных формах характерно и для других свидетелей и участников научных перемен в течение XX в. Это — ощущение отдаленности научного идеала, смешанное с уверенностью в его реализации и с сомнениями: успеет ли сам ученый увидеть такую реализацию, добиться решающего позитивного сдвига, участвовать в нем, получить ответ на свои самые заветные вопросы. Здесь научный оптимизм смешан с грустной мыслью о будущем, неотделим от нее. Такая «оптимистическая трагедия» — уверенность в однозначном ответе природы на уже назревший и адресованный ей вопрос — характерна для вопрошающих «геронтологических» периодов в развитии науки, для Данте, для науки Возрождения, для старости Галилея [10, с. 66—92]. Но в каждом из таких периодов коллизия «становления» и «наличного бытия» в науке (вернее: «наличного познания»), коллизия и изменения картины мира, и позитивных однозначных представлений, принимает специфические формы.

Можно увидеть эту коллизию и во взглядах Эйнштейна, и во взглядах де Бройля, и даже во взглядах Гейзенберга в последние годы его

жизни. Для всех них «наличное бытие» в науке, однозначные утверждения, соответствующие критериям истины, казались иногда близким, но еще недостижимым идеалом. О позиции Эйнштейна в отношении квантовой механики достаточно нескольких слов: теперь попытки создания единой и непротиворечивой теории элементарных частиц позволяют видеть, что эта позиция была не возвратом к классическому детерминизму, а скорее прогнозом и поиском детерминизма, еще более сложного, чем тот, который лежит в основе нерелятивистской квантовой механики. Сейчас видна также связь этих поисков с мыслью Эйнштейна о недостатках специальной теории относительности (ее соотношения не выведены из атомистической структуры тел) и с идеей единой теории поля. Отсюда и слова Эйнштейна о том, что парижские физики ближе ему, чем американские теоретики*. Ни концепция двойного решения, ни позиция Эйнштейна в споре с Бором не вошли в число однозначных достижений физики XX в. Это не помешало Бору увидеть, как много дала квантовой физике позиция Эйнштейна, его стремление к совершенству, к единой системе. «вызовы, которые Эйнштейн бросал квантовой физике». В этих словах не только оценка того, что делал Эйнштейн, но и позитивная оценка вопрошающей компоненты познания, констатация незавершенности существующих концепций, того, что служит потенциалом науки, залогом ее необратимого движения.

Именно эта сторона дела, эта особенность современной науки делает ее неклассической не только в силу отказа от устоев классической физики, но и по стилю научного мышления. И такова диалектика историко-научного процесса — именно здесь реализуется классицизм неклассической науки. Слова Бора о стремлении к классической законченности очень многозначительны. Науке свойствен классицизм, потому что она **стремится к классической законченности**, и ей свойствен антиклассицизм, потому что она **стремится к законченности**, никогда ее не достигая. Эта двойственность нарастает. Никогда еще в науке не было такого высокого **внешнего оправдания** и такого высокого **внутреннего совершенства** и никогда еще не было такого острого разрыва между ними, разрыва, являющегося гносеологическим потенциалом дальнейшего движения.

Следует отметить, что этот разрыв ощущали не только «ворчуны» (так Борн назвал Эйнштейна и Шредингера, выступавших против господствующей версии квантовой механики), но и сами создатели этой версии. С этой стороны очень интересны некоторые страницы научной автобиографии Вернера Гейзенберга, которую он назвал «Часть и Все. Мир атомной физики». Глава «Единая теория поля» этой книги проникнута настроением, напоминающим принстонские письма Эйнштейна. Новая, более общая и в то же время более конкретная картина мира, новая, более близкая к оригиналу концепция Всего и его элементов несомненно приближается. Но приближается она медленнее, чем хотелось бы, и все меньше надежды достичь ее при жизни. Особенно это относится к страницам, посвященным сметри Паули, который был для Гейзенберга не только личным другом, но и каким-то персонифицированным критерием истины — авторитетнейшим судьей новых физических идей. Паули поддерживал мысль Гейзенберга о некотором едином нелинейном поле, объясняющем различия типов частиц, начиная с их массы и заряда. В декабре 1957 г. он отправил Гейзенбергу очень оптимистическое письмо, а к первому января 1958 г. — еще более оптимистическое поздравление с годом, «обещающим полное освещение физики элементарных частиц». Паули хотел написать статью совместно с Гейзенбергом.

* Эта фраза из частного письма цитируется в статье George A. Revue Synthèse (mai — juin 1955) и в докладе де Бройля: Le dualisme des ondes et de corpuscules dans l'oeuvre d'Albert Einstein. — Annales de la Fondation Lois de Broglie, 1979, v. 4, № 1, p. 28.

Но летом 1958 г. они встретились, и Паули показался Гейзенбергу другим человеком. Он услышал от Паули грустную тираду: «Может быть, у тебя есть достаточные основания быть оптимистом, — говорил Гейзенбергу его друг. — Может быть, ты или твои ученики достигнут задуманного. Но для меня это уже трудно». В конце года Паули умер. Вероятно, его здоровье было причиной отказа от разработки нелинейной теории. «Но я не могу сказать, — пишет Гейзенберг, — где тут причина и где следствие».

Подобная эмоциональная компонента физической мысли представляется не только биографический интерес. Она связана с филогенезом современной физики, с историей науки и связана с ее позитивными достижениями. Для нашего столетия, особенно для его второй половины, характерны не пессимистические прогнозы, а некоторый новый оптимизм. В классические времена, особенно в науке XVII в., господствовал оптимизм обретенной окончательной истины. В наше время эмоциональная сторона науки характеризуется оптимизмом бесконечного и необратимого приближения к истине. Он включает субъективные ощущения, подчас тяжелые, но в общем оправдывающие термин «оптимизм». Но этот термин имеет сейчас объективную сторону, объективный смысл. Потенциал современной науки — это не только ее позитивные достижения, но и нерешенные вопросы и прежде всего разрыв критериев **внешнего оправдания и внутреннего совершенства**.

На этом следует остановиться. Во времена Декарта частные гипотезы не требовали в каждом случае достоверного доказательства, они скорее иллюстрировали общие принципы картины мира. Во всяком случае именно так смотрел на свои кинетические модели сам Декарт. После работ Ньютона в XVIII—XIX вв. гипотезы стали вопросами, требующими однозначного ответа. В наше время наряду с гипотезами, требующими однозначного ответа (таково значительное число вопросов, которые будут решены с помощью более мощных ускорителей и новых астрофизических приборов), появились концепции, которые требуют для своего подтверждения или для решительного отказа от них длительной серии экспериментов и обобщений, причем весьма фундаментальных. В сущности, они отвечают не на физический вопрос: «как устроен мир?», а на историко-физический: «как будет развиваться наука, исследуя устройство мира?»

6. Частицы и поле

Волновая механика была не только физической теорией, она была важнейшим эталоном истории познания. Основное, что связывает имена Эйнштейна и де Бройля, это историческая последовательность открытия дискретности электромагнитного поля и открытия волновой природы частицы. Но де Бройль всегда подчеркивал связь понятия квантов света с теорией относительности. «Без идей относительности и, в частности, без релятивистского закона сложения скоростей и соответствующей динамики невозможно понять особенности квантов света. Фотон может найти место только в релятивистской физике»*.

Относительность, кванты света, волновая механика — последовательные решения фундаментальной коллизии классической науки, продолжавшей в новой форме еще более общую коллизию, известную уже в древности — коллизию пространства и вещества в картине мира. Декарт отождествил пространство и вещество. Эта концепция в пределах физики Декарта исключила непространственные субстанции. Но такое отождествление затруднило выделение тела из окружающей среды и позитивное

* Эти слова де Бройля поставлены в качестве эпиграфа к статье М.-А. Тоннеля «Влияние теории относительности на работы Луи де Бройля» в сборнике: Louis de Broglie. Sa conception du monde phisique. Paris: Gautier — Villar, 1973, p. 37—52.

решение стало проблемой — проблемой гетерогенности, различий, нетождественности бытия. Ньютон решил ее, наделив тела динамическими предикатами — силами. Но и на этот раз решение стало проблемой — пустое, лишенное вещества пространство, реальное небытие античной атомистики стало ареной сил, бытием. Новую загадку решил Фарадей: он приписал понятию поля физический смысл. Следующий шаг — волновое поле. У Максвелла поле приобрело независимое от тел физическое бытие. Эйнштейн лишил пространство — «реальное небытие» древних — его главной функции — основы движения. Мир стал пространственно-временным, четырехмерным. С другой стороны, после Эйнштейна поле уже не могло получить классические свойства тела — эфир исчез из картины мира. Приписав электромагнитному полю дискретную структуру, Эйнштейн сделал чрезвычайно важный шаг в сторону еще более глубокого доказательства физического бытия поля. После этого де Бройль сделал встречный шаг. Он открыл «волны материи», той материи, которая так долго противостояла полю. Это было торжеством все той же развивающейся тенденции — сближения понятия поля с понятием тела, каким оно было у Ньютона. Такая тенденция не растворяет понятие тела в понятии пространства, не возвращается к идее Декарта.

Таким образом, ответ де Бройля на вопрос об идейных истоках волновой механики — ссылка на **историю** науки — означает не только синтез механики и теории света, не только сближение принципа Мопертюи и принципа Ферма, но и обобщение всей истории науки, ее необратимости, сквозного, неисчезающего характера ее проблем, смены парадигм, существования «антипарадигм», эволюции исходных принципов науки.

Литература

1. Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29.
2. Annales de la Fondation Louis de Broglie, 1979, v. 4, № 1.
3. Эйнштейн А. Собр. научн. тр. Т. IV. М., 1967.
4. Meyerson E. La Déduction Relativiste. Paris, 1925.
5. A propos de la Déduction Relativiste de M. Emile Meyerson. — Revue Philosophique de la France et de l'Etranger, 1928, t. 55, p. 161—166. (Русск. пер.: А. Эйнштейн. Собр. научн. тр. Т. IV. М., 1967, с. 98—102).
6. Meyerson E. Réel et déterminisme dans la physique quantique. Paris, 1933.
7. Meyerson E. Essais. Paris: Wrin, 1936.
8. Луи де Бройль. По тропам науки. М., 1962.
9. Кузнецов Б. Г. Галилей. М.: Наука, 1964.
10. Kuznetsov B. The Tragedy of Knowledge at the Time of Renaissance. — Diogenes, 1978, № 104.

EINSTEIN AND DE BROGLIE. HISTORICO-SCIENTIFIC AND HISTORICO-PHILOSOFICAL NOTES.

KUZNETSOV B. G.

Being based on correspondence of Einstein with de Broglie the article brings up general problems of the evolution of determinism in modern science. The article contains the following paragraphs: the truth criteria; Einstein, de Broglie and Meyerson; evolution of determinism; science and history of science; gerontology of non-classic science; particles and field.