

О РОЛИ ЭКСПЕРИМЕНТА И ТЕОРИИ В ПОЗНАНИИ

(к статье Макса Борна)

*С. Суворов***I**

В этом выпуске журнала публикуется перевод статьи Макса Борна «Эксперимент и теория в физике». Автор ее известен как выдающийся теоретик, непосредственный участник развития современной физики, более полувека живший в ее творческой атмосфере, в атмосфере крупных ломов физических и философских понятий. Уже в силу этого настоящая статья, в которой переломные события в физике излагает их живой свидетель и участник, представляет собой значительный интерес. Этот интерес возрастает еще более в связи с тем, что статья написана не только в историческом, но и в гносеологическом плане, в аспекте обсуждения роли эксперимента и теории в развитии современной физики.

Как известно, роль теории в современной физике чрезвычайно возросла. Сложные и непосредственно не воспринимаемые процессы отображаются в ней в крайне абстрактных понятиях и связях; но именно такое отображение ведет науку вперед. Более того, в физике существенную роль стали играть теории, для которых характерна огромная сила обобщения, вроде термодинамики, теории относительности. Все это возродило среди некоторых ученых взгляды, будто теоретическое мышление само по себе, не опираясь на эксперимент, в состоянии развивать познание природы. На Западе и особенно в Англии, где многие годы работал Борн, одно время широко распространялась эддингтоновская мистика чисел, а Джинс путем спекулятивных рассуждений вычислял время, прошедшее от «сотворения мира».

Статья Борна своим острием направлена именно против подобных спекуляций, не имеющих научного значения.

Нас не может не радовать, что такой крупный ученый, каким является Макс Борн, выступает против мистики в науке.

Будучи сам теоретиком, Борн стремится найти правильное место теории, подчеркнуть ее решающую связь с экспериментом. Он показывает, что любые, получившие подтверждение и имеющие большую общность, принципы, вроде принципа наименьшего действия, или термодинамических принципов, или квантового запрета Паули, сколь бы они ни казались априорными на первый взгляд, на самом деле являются обобщениями экспериментальных исследований, «результатами долгого опыта». Общая теория относительности, хотя и имеет априорную видимость, в силу своего математического совершенства, также «является гигантским синтезом длинной цепи опытных результатов, а не самопроизвольного колебания мозга».

Несколько скептических замечаний Борна относятся к позднейшим попыткам Эйнштейна, а также Вейля и Эддингтона развить общую теорию относительности в направлении, стремящемся охватить дифференциальными уравнениями единого геометризованного поля все структурные образования мира; поскольку при этом был игнорирован экспериментальный материал ядерной и квантовой физики, эти попытки не дали определенных результатов, а общая теория относительности «не помогла в понимании природы материи, существования различных элементарных частиц и полей», как надеялся Эйнштейн.

В этот «принстонский период» своей жизни Эйнштейн связывал дальнейшее развитие науки только с творческой мощью мышления и, следовательно, шел путем, совершенно отличным от того, который защищает Борн в своей брошюре. В докладе «Physics and Relativity» (1955), посвященном пятидесятилетию теории относительности, Борн рассказывает о том, как реагировал Эйнштейн на эту его статью, в которой он усмотрел упрек по своему адресу: «Я послал экземпляр (статьи С. С.) Эйнштейну и получил очень интересный ответ, который, к несчастью, был утерян; но я помню примерно такую фразу: «Ваше громоздкое возражение против гегельянства совершенно смешно, но я буду продолжать свои усилия разгадать пути господа». Человек эйнштейновского масштаба, — заключает Борн, — столь много постигший посредством мышления, имел право идти до предела априорного метода. Общепринятая физика не последовала за ним, она продолжала собирать эмпирические факты...»^{*}).

Борн рассматривает эксперимент как движущую силу теории. Эксперимент постоянно раскрывает в природе то, чего еще не учла существующая теория. В связи с этим теории и развиваются. Эту вынужденность развития теории Борн многократно подчеркивает в статье. Все крупные повороты в физике — будет ли это релятивизация времени, или переход к квантовым представлениям, или статистическая трактовка волновой функции — рождаются с естественной необходимостью, несмотря на психологическое сопротивление им отдельных ученых. Переход Планка к понятию кванта энергии, по свидетельству Борна, был прямо-таки актом отчаяния, но его пришлось сделать «ввиду несостоятельности классических законов объяснить свойства теплового излучения»^{**}).

Борн справедливо указывает, что понятия и теории вовсе не являются свободными творениями разума. Даже спекуляции Эддингтона с так называемыми E -числами могли появиться только после того, как безразмерные числа были установлены экспериментально.

Борновская критика свободного творчества направлена также и против взглядов Эйнштейна, который всю жизнь защищал взгляды на теорию, как на свободное изображение разума, а также против конвенционализма А. Пуанкаре. Несколько позднее, в статье «Физика и метафизика» (1949—1950), М. Борн высказался еще более ясно: «Здесь имеется другой пункт, в котором я не согласен с философией Эйнштейна. Он принимает доктрину конвенционализма, которая в дни моей юности рьяно защищалась великим французским математиком Анри Пуанкаре. Согласно этому взгляду все человеческие понятия суть свободные изобретения

^{*}) Max Born, *Physics in my Generation*, Pergamon Press, London, 1956.

^{**}) Интересно отметить, что Планк и сам сделал вывод о неизбежности смены наших представлений о мире, которая «является следствием непреодолимого принуждения». «Эта смена, — писал Планк, — становится горькой необходимостью каждый раз, когда исследование натывается на новый факт в природе, который существующая картина мира не может объяснить».

См.: *Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaft*, в сборнике: Max Planck, *Vorträge und Erinnerungen*, Stuttgart, 1949, стр. 371.

разума и соглашения между различными умами, оправдываемые только их полезностью в повседневном опыте. Это может быть верным в ограниченном смысле, а именно, для абстрактных частей теорий, но не для связи теорий с наблюдениями, с реальными вещами. Этот взгляд недооценивает тот психологический факт, что построение языка не является сознательным процессом. И даже в абстрактной части науки употребление понятий часто решается фактами, а не соглашениями».

Нам приятно констатировать совпадение высказанной нами ранее критики элементов конвенционализма у Эйнштейна*) с этими замечаниями его ближайшего друга М. Борна.

Признание того, что наши понятия и теории — не свободные изобретения разума, что в них имеется независимое от нас содержание, — это крупный шаг естествоиспытателя на пути прогрессивного мышления; шаг этот тем более ценен, что он вытекает из непосредственного профессионального опыта естествоиспытателя, и что он неизбежно ведет дальше, к вопросу о том, каково же происхождение объективного содержания теорий. Последовательное мышление не может не прийти к выводу, что вынужденность развития физических теорий является следствием того, что они представляют собой отражение, о б р а з о в а н и е м и р а в с о з н а н и и. Именно таким путем шли многие выдающиеся естествоиспытатели. Этим путем, в частности, шел и Макс Планк, шел от махизма, которым он увлекался в дни юности, к материализму, «к признанию самостоятельного, от исследователя независимого и противостоящего ему мира, который, хочешь или не хочешь, навязывает ему свои закономерности»**).

Существенно, что и Борн подходит к вопросу об образе, правда, не в связи с установлением независимого содержания теорий, а в связи с анализом основ теоретических предсказаний. Этот анализ представляет интерес и сам по себе, поскольку при этом делается попытка вскрыть природу творчества в области теории.

В соответствии с главной целью своей статьи, Борн рассматривает теоретические предсказания, чтобы показать, что они основаны в конечном счете на опыте, а не на априорных данных. Теоретические предсказания он делит на аналитические и синтетические.

Под аналитическими предсказаниями Борн понимает предсказание результатов, которые являются итогом логического развития теории из ее исходных положений. В качестве примеров таких предсказаний Борн указывает предсказание планеты Нептун Адамсом и Леверье, предсказание конической рефракции Гамильтоном, объяснение линейных и полосатых спектров, природы металлического состояния и химической валентности, предсказание пара- и ортоводорода, на основе квантовой механики. Так как исходные положения теории основаны на опыте, то тут дело с самого начала ясно: никакой априорности в этих предсказаниях нет.

Синтетические предсказания имеют, по Борну, более сложную природу: но зато они и раскрывают более широкие перспективы. Напомним некоторые из приведенных автором примеров синтетических предсказаний: максвелловское добавление члена $\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$ в уравнении поля $\text{rot } \mathbf{H} = 0$;

*) См. вступительную статью автора к русскому переводу книги: А. Эйнштейн и Л. Инфельд, *Эволюция физики*, Гостехиздат, М., изд. 1948 и 1956 гг.

**) Max Planck, *Naturwissenschaft und reale Aussenwelt*, 1940.

Мы отдаем дань высокому уважению этому выдающемуся ученому, пламенному борцу за научное материалистическое мировоззрение, столетие со дня рождения которого недавно отмечала научная общественность всего мира, в том числе и Макс Борн, состоявший одно время его ассистентом.

эйнштейновское развитие идей общей теории относительности, из которой следовало, в частности, предсказание отклонения светового луча при прохождении его около Солнца; открытие неевклидовой геометрии Лобачевским, Гауссом; открытие некоммутативной алгебры Гамильтоном; ассоциирование волн и корпускул де-Бройлем; открытие матричного исчисления; очевидно, сюда же следует включить и добавление японским физиком Юкава члена $\frac{\Phi}{a^2}$ к волновому уравнению $\Delta\Phi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} = 0$.

Борн указывает, что для синтетических предсказаний характерно то, что они делаются «без прямого опытного обоснования», и что существенную роль в них играет интуиция ученого. Они не являются также и логическим следствием действующей теории, а, напротив, сами представляют собой основу или существенную часть новой теории. Но может быть они-то и покоятся на априорных принципах? М. Борн доказывает, что и в случае синтетических предсказаний никакой априорности нет. Здесь ему и понадобилось понятие образа.

Борн говорит, что он берет понятие образа от гештальт-психологии, подчеркивая тот установленный ею «экспериментальный факт», что одновременные чувственные восприятия не являются независимыми друг от друга, вроде элементов мозаики, а образуют «психическое единство». Эта идея об единстве образа играет в его дальнейших рассуждениях существенную роль. Далее Борн переносит представление о целостном образе на внешний мир, и говорит об «образе физических вещей». Здесь он напоминает свою, как он говорит, излюбленную идею, согласно которой образы физических вещей суть инварианты уравнений*). Не следует беспокоиться о том, что они описываются формулами теоретической физики, говорит Борн: «Их реальность того же самого типа, — я имею в виду объективную реальность во внешнем мире, — как и реальность любого образа хорошо знакомых вещей, например человеческого тела».

Так вот на каком-то этапе познания создаваемый образ может оказаться неполным, «грубым». В силу того, что элементы образа составляют целостность, а не мозаику, ученый может интуитивно почувствовать эту неполноту образа и восполнить его синтетическими предсказаниями. «Максвелловское добавление отсутствующего члена есть как раз такое сглаживание грубости образа, хотя этот образ имеет здесь математическую структуру более тонкого типа, чем сфера (в предыдущем примере с Луной. С. С.)». При этом синтетическое предсказание является гипотезой, которую Борн называет математической. «Если будучи подтверждено экспериментом, это предсказание дает новое знание, то хотя в его основе и лежит гипотеза, это — законный метод. Но его удача в высокой степени зависит от интуиции...». Во всяком случае синтетическое предсказание также базируется не на априорных или врожденных идеях, а на частичном познании образа из опыта и дальнейшем гипотетическом восполнении его, с последующей проверкой экспериментом.

Таковы представления Борна о теории и ее связи с экспериментом. Мы позволим себе переложить его высказывания в некоторой логической связи.

Внешний объективный мир воздействует на нас (возможность этого не вызывает сомнений, поскольку мы являемся его частью, продуктом его развития); в сложном взаимодействии с ним, которое начинается

*) Более подробно см.: М. Борн, Физическая реальность, УФН LXII, вып. 2, 1957, а также: С. Г. Суворов, Проблема «физической реальности» в копенгагенской школе, там же.

с соприкосновения с ним, то есть с элементарного опыта, мы образуем понятия и теории; содержание этих понятий и теорий не является ни априорным, ни свободным изобретением мышления, поскольку, как показывает вся история науки, они не произвольны, а образуют единый целостный физический образ. Это и есть образ «объективной реальности во внешнем мире». Целостность образа в мышлении находит свое объяснение в том, что она является следствием целостности отражаемого объекта. Однако этот образ раскрывается нам не сразу, не вдруг, единичным актом; анализ уже раскрытых специфических соотношений позволяет нам сделать гипотезы о новых по своей природе отношениях, в которых стоят друг к другу категории объекта («синтетическое предсказание»). Справедливость этих гипотез проверяется практикой (экспериментом). Из найденных новых отношений выводятся логические следствия («аналитические предсказания»). Так создается и развивается теория — связанный образ объекта.

Подытоживая высказывания Борна, я старался изложить процесс познания в полном соответствии с тем, как Борн представляет этот процесс сам. Я только позволил себе некоторые «вольности», а именно: истолковал часто применяющееся понятие «опыт» как результат нашего непосредственного взаимодействия (столкновения) с внешним миром, причем сделал это на основе ряда антипозитивистских высказываний автора; далее я связал высказывания Борна о принудительном характере развития теорий и об «образе физических вещей», которые рассматриваются им как «объективная реальность во внешнем мире». Но от этого связывания отдельные высказывания только выиграли, получив черты целостной и последовательной концепции, а ведь эта концепция и есть материалистическая теория познания, признать которую открыто не решаются многие зарубежные естествоиспытатели, в том числе и сам Борн.

Полученный выигрыш состоит не во внешней форме построения, а в том, что целостная концепция позволяет взглянуть на некоторые обсуждаемые проблемы с более общей точки зрения, и благодаря этому дать им оценку, несколько отличающуюся от оценки автора.

II

Главная тема брошюры М. Борна — критика априоризма и врожденных идей, борьба против догматизма и метафизических спекуляций, защита опытного происхождения знаний.

Справедливо, что критика априоризма является насущной потребностью современного естествознания. Грандиозная система, созданная Кантом, длительное время довлела над естествознанием, тормозя его развитие. В самом деле, если такие общие категории, как пространство, время, причинность, суть априорные категории, формы нашего созерцания, связанные с природой нашего разума, то они, следовательно, даны раз навсегда, неизменны и независимы ни от объектов, на которые направлено познание, ни от глубины их познания. Легко себе представить как сковывал познание кантовский априоризм. Рано или поздно, он должен был пасть под напором реальных фактов самого естествознания. Уже открытие неевклидовой геометрии Лобачевского нанесло ему сокрушительный удар: априорные формы исключают всякую неоднозначность. Дальнейшее неизбежное появление в физике идеи поля, анализ электродинамики движущихся тел и развитие на этой почве специальной теории относительности, обобщение понятия гравитационного поля в общей теории относительности — все эти теории, развившиеся под давлением непреложных фактов, привели к иным представлениям о пространстве, времени, об их генетической

связи с материей и закономерностями ее движения, и не оставили никакого места для идеи об их априорности. Точно так же физика должна была преодолеть кантовские идеи об априорном происхождении категории причинности, ибо под давлением экспериментальных фактов в атомной области представления о сущности этой категории должны были измениться. Не только в рассматриваемой работе, но и во многих других статьях Борна ощущается потребность разорвать сковывающие идеи априоризма. «После того как теория относительности изменила понятия о пространстве и времени, — писал Борн в одной из статей*), — должна была модифицироваться другая кантовская категория — причинность. Априорный характер этой категории не мог быть сохранен». Естественно, что если была опровергнута идея об априорном происхождении таких всеобщих категорий как пространство, время, причинность, то в корне была подорвана вера в априорность каких-либо иных принципов физики. Первоисточником знания является опыт, эксперимент — вот к какому выводу, в противовес априоризму, приводит с принудительной силой современное естествознание.

Не менее важной задачей является борьба с догматизмом. Мы имеем в виду не те идеи, которые вырастают из предубеждения, из догматов веры, или привносятся в науку из других ненаучных областей. Напротив, речь идет об идеях, которые возникают в самой науке на базе определенного опыта. Они становятся догматическими в силу дурной методологии; нетрудно вскрыть суть этой методологии: возникнув на базе ограниченного опыта, относительно правильные идеи затем абсолютизируются и переносятся без проверки на почву нового, более широкого опыта. В этом процессе окаменения идей и неправомерном перенесении их из одной области в другую и состоит суть догматизации.

Борьба с догматизацией в естествознании не менее (а в наше время может быть и более) актуальна, чем борьба с априоризмом. Когда познание охватывает новую область природы, когда оно делает мощный прорыв в ее глубь, особенно важна сила духа, не робеющая перед необходимостью критического пересмотра общих понятий, возникших в теориях, отражающих другую область природы или другой уровень ее познания.

Этот критический пересмотр общих понятий представляет собой закономерный процесс развития науки, который и происходит непрерывно в современном естествознании. Жаль только, что для многих активно действующих естествоиспытателей этот процесс пересмотра общих понятий, как и борьба против априоризма, протекали и протекают без учета развития философской мысли и философской борьбы. Учет развития философской мысли мог бы ускорить и облегчить весь этот процесс, выяснить его границы и адекватное природе направление. В частности, стало бы ясно, что пересмотр понятий во время крутых поворотов может происходить, и исторически происходил, с различных позиций. Многие естествоиспытатели в свое время высоко оценивали Маха за то, что он объявил борьбу с фетишами в науке, с периодическим окостенением понятий. Это было в конце прошлого и в начале нашего века, когда менялись представления об абсолютности пространства и времени, о конечной структуре атомов и проч. Но Мах выступал против догматизма с позитивистских позиций; он полагал, что гарантией против окостенения понятий в науке является признание, будто понятия суть только условные, и именно потому весьма подвижные, обозначения ряда чувственных восприятий.

*) Some Philosophical Aspects of Modern Physics, 1936, см. в сборнике: M a x B o r n, Physics in my Generation, Pergamon Press, London, 1956.

Эта позиция критики догматизма неприемлема для естествоиспытателей, неприемлемость позитивизма признает и Борн.

Уже первые попытки охватить закономерности атомной области привели к выводу о необходимости дальнейшей ломки классических представлений. Эта ломка шла вглубь и касалась таких категорий, как причинность, случайность и необходимость, возможность и действительность, физическая реальность и др., и это еще более обострило борьбу против априоризма и догматизма. В этот период теоретики стремились отбросить все, что так или иначе сковывало их мысль. Можно без большого риска ошибиться, сказать, что многие естествоиспытатели на Западе выступали против материализма только в силу того, что ошибочно связывали с ним застывшие представления, попытки навязать природе конечные и неизменные законы, что было свойственно лишь раннему, додиалектическому материализму.

В этот период крутой ломки понятий Гейзенберг избрал в качестве руководящего принципа, гарантирующего от догматического перенесения в новую область старых неадекватных понятий, так называемый «принцип наблюдаемости»: теория данных процессов может строиться только с привлечением величин, наблюдаемых в данной области явлений. Если траектории электронов в атоме не наблюдаются, то это — неадекватные понятия, которые нужно исключить, а в теории атома следует опираться только на наблюдаемые энергетические уровни. На первый взгляд кажется, что это — разумная идея; по крайней мере справедливо то, что квантовая физика преуспела только отказавшись от прямолинейной атаки на атом с помощью арсенала классических представлений — траекторий, непрерывности излучений и проч.

Борн в принципе поддерживает эту общую установку Гейзенберга. Он пишет, что этим принципом Гейзенберг «хотел обосновать новую механику как можно более непосредственно на опытных данных. Если это и есть „метафизический“ принцип, то, конечно, я не могу возражать; я только хочу сказать, что это именно тот фундаментальный принцип современной науки в целом, который отличает ее от схоластики и догматических систем философии. Но если под этим принципом разумеют (как это делают многие) исключение из теории всех ненаблюдаемых, то это ведет к бессмыслице. Например, волновая функция Шредингера ψ является такой ненаблюдаемой величиной, и, конечно, позднее она была принята Гейзенбергом как полезное понятие. Он установил не догматический, а эвристический принцип».

Однако смысл введения принципа наблюдаемости в том и состоит, что он должен оберегать физиков от неадекватных понятий путем простого рецепта: избегайте ненаблюдаемых. Борн отметил, что избежать в физике непосредственно ненаблюдаемых не удастся. Это несомненно так, и это не является неожиданностью, ибо теории оперируют категориями, которые по своей природе являются абстракциями и потому в общем случае непосредственно не наблюдаемыми. Но как только признано, что в теорию вполне правомерно могут входить и ненаблюдаемые, то от принципа наблюдаемости ничего не остается, ибо общая-то идея о необходимости развивать науку, опираясь только на опыт, вовсе не является исключительной прерогативой этого принципа, если даже толковать его в самом благожелательном смысле. Кроме того, то или иное влияние на науку оказывает не скрытое намерение автора рецепта, а реальное содержание последнего, которое сводится только к исключению ненаблюдаемых. Поэтому справедливое замечание Борна о том, что исключение из теории всех ненаблюдаемых ведет к бессмыслице, нельзя расценивать иначе, как признание неадекватности «принципа наблюдаемости».

Рассматриваемый вопрос весьма поучителен с точки зрения гносеологической. Рекомендую принцип наблюдаемости, Гейзенберг совершает ошибку двойного рода: фактическую, которую отмечает и Борн (ненаблюдаемые не могут быть исключены из теории), и методологическую. Методологическая ошибка состоит в неизбежной предпосылке, будто в качестве гарантии против неадекватных понятий можно избобрести чисто эмпирический рецепт.

Но рецептура в области мышления — бесполезное оружие. Более того, рецепт в мышлении неизбежно превращается как раз в то, против чего Гейзенберг и стремился направить свой «принцип наблюдаемости», — в догму, оторванную от реального процесса познания. Гарантии же против введения неадекватных понятий дает не тот или иной рецепт, а целостная концепция, которая рассматривает процесс отображения объекта в сознании в целом, следовательно, рассматривает источник, закономерности развития и взаимосвязь понятий и теорий, находит общие условия, при которых понятия, выработанные в одной области, возможно переносить в другую область.

Это и есть та концепция, о которой говорилось выше — теория познания, исходящая из признания объективного мира, приближенно отражаемого в наших теориях.

Рассмотрим, как это признание обязывает исследователей обращаться с общими категориями.

Результаты развития науки, особенно за последние полтора века, показывают, что объективный мир един и вместе с тем специфичен в своих частях. Единство объективного мира составляет основу его познаваемости; оно проявляется, в частности, в наличии единой логики и общих категорий и закономерностей, вроде движения (в широком смысле), пространственно-временных форм, причинной взаимосвязи и других столь же общих или менее (но все же достаточно) общих категорий. В наше время, когда доказана возможность неограниченных взаимных превращений не только форм движения, но и элементарных частиц и полей, было бы наивно думать, что категории или закономерности, отображающие одни объекты, не связаны с категориями и закономерностями других объектов, хотя бы и весьма опосредованным путем. И связь эта действительно проявляется на каждом шагу. Общие категории, раскрытые в одной области, не отбрасываются нацело, а лишь видоизменяются в пределах нового опыта. В современной физике это обстоятельство находит свое отражение в том, что новый опыт отображается тем же математическим аппаратом, но в нем, однако, появляются характеристические параметры, которые исчезают для старой области и принимают определенное значение для новой. Таким образом, новые теории в физике оказываются обобщениями старых*).

Отыскивая очертания новой теории атомных процессов, физики опирались на принцип соответствия, в котором как раз и отражен тот факт, что квантовая теория является обобщением классической и переходит в нее в тех случаях, когда можно пренебречь характеристическим параметром, так называемой планковской константой — «квантом дей-

*) Этот вывод с принудительной силой навязывается современному естествознанию. Не случайно, что его делают независимо друг от друга специалисты разных областей, исследующие переломные этапы развития науки, например выдающийся русский геометр, известный исследователь развития неевклидовых геометрий В. Ф. Каган (см.: В. Ф. Каган, Лобачевский, М., 1944, стр. 328), так же как и знаменитый немецкий физик, открывший световые кванты — первое окно в микрофизику, — Макс Планк (см.: M a x P l a n k, Vorträge und Erinnerungen, статья Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaft).

ствия» ($1,05 \cdot 10^{-27}$ эрг·сек). По признанию Н. Бора, на известном этапе развития принцип соответствия был «единственным руководящим началом» в новой квантовой области, который связывал неожиданные экспериментальные результаты в микрообласти с макропроцессами*). Борн в публикуемой статье также неоднократно ссылается на принцип соответствия, отмечая тот факт, что в период становления квантовой механики этот принцип направлял процесс вывода квантовых формул из классических.

Точно так же и В. Гейзенберг в своих самых последних попытках создать теорию элементарных частиц исходит из того же принципа: он пытается построить такую обобщенную теорию, в которой характеристическим параметром выступала бы новая константа, так называемая элементарная или минимальная длина. Идея очень проста и вместе с тем захватывающая: в области, где новой константой возможно пренебречь, действуют уже известные нам закономерности, в областях же, сравнимых с этой константой ($\sim 10^{-13}$ см), должны будут проявиться специфические для элементарных частиц закономерности и вместе с тем должны ликвидироваться трудности с бесконечностями, которые наступают при грубых попытках применить нынешние теории к элементарным частицам**). Таким образом, как и на предыдущем поворотном этапе, когда создавалась квантовая теория, Гейзенберг стремится построить такую обобщенную теорию, частным случаем которой, при определенном значении новой характеристической константы, была бы существующая ныне квантовая теория. Поиски таких теорий правомерны только в силу наличия в объективном мире общих категорий, в силу его единства.

Специфика же в объективном мире проявляется, в частности, в том, что понятия, выработанные в пределах старого опыта, в области нового опыта не могут быть приложимы в неизменном виде. Став категориями другой, обобщенной теории, они сами в известной мере изменяют свою природу; так природа импульса и координат в микрообъектах, хотя и имеет нечто общее с природой классических импульсов и координат, все же отлична от последних; это — квазиимпульсы и квазикоординаты, между которыми существует иная, специфическая связь: в отличие от классических, они, например, не коммутируют.

Сказанное выше о категориях это — две стороны, в сущности, одного и того же положения: общие категории специфическим образом преломляются в видоизмененном объекте, равно как и в теориях, их отражающих. Повторяю: положение это — не требование каких-либо философских догм, а итог развития естествознания, а также исторических наук и философии. В сущности, этим положением руководствовался и Макс Борн, когда он, например, с полным основанием высказал идею, что в квантовой физике принцип причинности, правильно понимаемый, не устраняется, а лишь принимает другую, по сравнению с лапласовским детерминизмом, форму***).

Такова эта концепция, рассматривающая понятия и теории как отражения свойств материального мира. Для исключения догматизма и априоризма она не нуждается ни в каких специальных рецептах, вроде

*) См.: N. B o h r, Discussion with Einstein... в сборнике «Albert Einstein: Philosopher — Scientist», 1949.

Подробнее о принципе соответствия см.: И. В. К у з н е ц о в, Принцип соответствия в современной физике и его философское значение, Гостехиздат, М., 1948.

**) См.: Die Plancksche Entdeckung und die philosophischen Grundfragen der Atomlehre, von Heisenberg — доклад по поводу столетия со дня рождения М. Планка в апреле 1958 г., перевод опубликован: УФН LXVI, вып. 2, 1958.

***) M. B o r n, Natural Philosophy of Cause and Chance, Oxford, 1949.

«принципа наблюдаемости» Гейзенберга, оказавшегося несостоятельным. Она несовместима с догматизмом уже потому, что признает развитие форм категорий и закономерностей, в соответствии с переходом к новым объектам. Ясно, что эти новые формы не даны априорно, а отыскиваются опытным путем. В этой борьбе против априорных идей и догматизма, в этой оценке объективного опыта как источника знаний указанная концепция имеет много общего со взглядами М. Борна.

Однако ее преимущества, связанные с ее целостностью, сказываются в том, что она оценивает роль опыта, а в связи с этим и значение гносеологических принципов, по-видимому, иначе, чем это делает Борн.

Борн безоговорочно противопоставляет опыту традиции, он пишет, что «существенное различие между нашим временем и средневековым состоит в отказе от традиций и в установлении опыта как истинного источника знаний». Он становится на путь отрицания философии как науки и ее направляющей роли, ибо утверждает, что «когда скоро принципы (открытые естествознанием. С. [С.] становятся частью философской системы, начинается процесс догматизации и окаменения». И это положение рассматривается как непреложный закон познания, проявляющийся в любой философии. А в заключительных словах статьи Борн рисует положение ученого так: «Я убежден, что в науке нет философской столбовой дороги с гносеологическими указателями. Нет, мы находимся в джунглях и отыскиваем свой путь посредством проб и ошибок, строя свою дорогу п о з а д и себя, по мере того, как мы продвигаемся вперед»*).

Однако этой безысходности противоречит фактическая история развития науки и прежде всего — квантовой физики. Борн, конечно, прав, указывая, что развитие новой, квантовой физики представляет собой глубокую революцию идей. Но все же новые идеи родились не на голом месте. Борн сам отмечает в статье, что «оба аспекта квантовой механики в большой степени опирались на работы Гамильтона», что для волновой формы ее Гамильтон подготовил путь, распутывая связь между геометрической оптикой и волновой теорией и демонстрируя тесную аналогию между принципом Ферма в оптике и собственной, Гамильтона, формулировкой принципа наименьшего действия в динамике. Но и другая форма квантовой механики, которая характеризуется применением матриц и операторов, может быть прослежена до фундаментальной концепции Гамильтона, до его некоммутативной алгебры. Да ведь и принцип соответствия, о котором было сказано выше, по признанию Бора, Борна и других ученых, служил своеобразным гносеологическим указателем на трудном повороте развития физики. Сама постановка новых проблем свидетельствует о большом прогрессе науки, а неумение быстро найти их решение говорит лишь о том, что результаты, приведшие к постановке новых проблем, еще недостаточно проанализированы и обобщены. Какой бы новизной ни отличались встающие перед наукой проблемы, исследователь не может считать, что он находится в джунглях и ищет свой путь ощупью, вслепую.

Если бы мы согласились с приведенными выше положениями, то это означало бы, что во имя борьбы с догматизмом мы забыли бы о важном историческом факте, а именно: все наши достижения являются резуль-

*) Эти взгляды разделяет не только М. Борн, но и Н. Бор. Так, Бор рассказывает, что когда А. Эйнштейн выразил ему чувство неудовлетворенности по поводу того, что «нам недостает таких твердо установленных принципов для описания природы, с которыми все могли бы считаться», то Бор ему ответил: «задавшись целью навести порядок в совершенно новой области знаний, мы едва ли можем полагаться на какие-либо старые принципы, хотя бы и очень общие». См. N. B o h r, Discussion with Einstein...

татом того, что мы стоим на плечах предшествующих поколений, а отнюдь не итогом нигилизма по отношению к добытым ранее знаниям; философски это означало бы, что мы свели бы опыт к данному, единичному опыту, то есть встали бы на позиции чистого эмпиризма. Однако, выдвигая опыт как источник познания, мы понимаем его не только как единичный, но и как опыт **накопленный**.

Мы имеем основание считаться с накопленным опытом именно потому, что он относится к закономерно развивающемуся объективному миру, а не к хаосу случайных всплесков — «элементов ощущений». Любой опыт адекватно, пусть и не полно, отображающий мир, есть ступень к более глубокому его познанию.

Этим материалистическое понимание опыта отличается от позитивистского. Именно в силу того, что источником опыта является внешний мир, опыт накапливается и, как справедливо отмечает Борн, имеет для нас принудительный характер. Признание же только единичного опыта не отличает науки от мистики, ибо и всякая чертовщина, вроде загробных душ, привидений, домовых, — могла быть в единичном опыте суеверно и мистически воспитанных или психически неуравновешенных людей.

Но опыт накапливается не в виде суммы единичных фактов, не в виде мозаики, он обобщается, складывается сначала в теорию движения определенного типа объектов, а в конечном счете в единый образ внешнего мира, являющий собой взаимосвязанность многообразных объектов, образ, который в процессе познания все более уточняется и становится более утонченным, восходя от примитивно-предметного ко все более сложному и абстрактному. Если этот процесс обобщения происходит в области чувственных восприятий, как указывает Борн, то не менее справедливо, что он протекает также и в области сознания, формируя то, что принято называть мировоззрением.

Исследователь всегда руководствуется мировоззрением, в его свете взвешивает новые факты, и одновременно в свете новых фактов он обогащает и развивает свое мировоззрение. Именно накопленный и обобщенный в мировоззрении опыт привел к тому, что М. Борн отверг попытки А. Эйнштейна построить теорию геометризованного поля, особыми точками которого являются частицы с массой покоя, отличной от нуля, отверг с такой убежденностью, что, как он сам признал в докладе «Физика и теория относительности» (1955), не стал даже тратить время на детальное изучение позднейших работ Эйнштейна *).

В связи с этим хотелось бы еще заметить следующее: в статье, посвященной роли эксперимента и теории в физике, явным образом и с большой силой подчеркнута одна мысль: теории опираются на эксперимент. Это, конечно, справедливо, однако это только одна сторона проблемы. В процессе познания теории играют не менее важную гносеологическую роль. Если познание начинается с опыта, эксперимента, и потому последний является необходимым элементом познания, то столь же необходимым его элементом является и теория, поскольку она обобщает эксперимент и дает связный образ изучаемого объекта, то есть является конечной целью познания, дающей более богатое представление об объекте, чем то, которое связано с непосредственным восприятием его. В то же время, как уже отмечено, выступая как обобщение предыдущего опыта, подтвержденная на практике теория служит руководящим началом в области последующего, нового опыта. Да и результаты современного эксперимента

*) В этом докладе Борн говорил: «... уже с самого начала я не верил в успех этих попыток и поэтому не изучал его трудные статьи с достаточным вниманием» (см.: *Physics and Relativity*, в сборнике: М. Борн, *Physics in my Generation*, 1956).

выглядят столь абстрактно и требуют столь сложной организации подходящих условий, что они могут быть вызваны и осмыслены только на базе глубоко развитой теории; впрочем, эту последнюю роль теории для трактовки эксперимента отмечает и Борн.

Итак, если мы будем опыт понимать как опыт объективный, обобщенный, исторический, а не как субъективный, единичный, эмпирический, то мы придем к выводу, что исследователь вовсе не находится в джунглях, что у него всегда есть гносеологические указатели, которыми он руководствуется. Борьба против догматизма вовсе не требует исключения накопленного и обобщенного в теориях и в мировоззрении опыта, она требует только, чтобы новый опыт обязательно учитывался и входил составной частью в общий образ исследуемых объектов, учитывался в отыскании той особенной формы закономерностей и категорий, которые присущи данной области. Этому требованию удовлетворяет современный научный материализм.

Догматизм, наносящий науке вред, рождается не потому, что используется накопленный и обобщенный в целостное мировоззрение опыт, а потому, что применяется т а к о е мировоззрение и т а к и е традиции, в которых категории считаются неизменными и независимыми от нового опыта. Конечно, многие теории отбрасываются в мусорную корзину истории. Но было бы неправильно, если бы такие теории и такое мировоззрение, которые адекватны обобщенному опыту, проверены и подтверждены практикой, априорно третировались как догматизм.

III

Автору доставляет особое удовольствие отметить возражения М. Борна против операционалистического метода введения в науку понятий через отождествление понятия с измерительной операцией (П. В. Бриджмен).

Борн находит, что этот метод резонен для определения понятий в классической физике, поскольку в ней имеют дело с величинами, доступными непосредственному измерению. Но в квантовой теории операционалистический метод, по Борну, «довольно неуместен» и «терпит неудачу», ибо в ней играют существенную роль и такие понятия, которым нельзя сопоставить никакой непосредственной измерительной операции. «Я не могу усмотреть, пишет Борн, какую экспериментальную „операцию“ можно было бы изобрести, чтобы определить математический оператор. Более того, я уже упоминал, что имеются понятия, применяемые в волновой механике, которые не наблюдаемы, например, волновая функция Шредингера; нет принципиально никаких средств наблюдать ее, следовательно, нет никакого „операционалистического“ определения».

Критика Борном операционализма представляет его как тонкого мыслителя, который обдумывает процессы, протекающие в теоретическом мышлении физиков, и подмечает вырастающие из них опасности. Это тем более существенно отметить, что операционалисты, как и Борн, исходят из высокой оценки роли эксперимента; но отождествляя понятия с операциями измерения, они пришли к апологетике чистого эмпиризма. Выступая против операционалистического метода введения в науку понятий, Борн пошел против течения, довольно широко захватившего физиков, которым казалось, что этот метод спасает науку от бесконтрольных спекуляций. Но эмпиризм никого еще не спасал от спекуляций, как это давно уже показал Энгельс; да и критикуемые Борном спекуляции Милна по поводу даты сотворения мира также вытекают из крайнего эмпиризма последнего.

Автору настоящих строк пришлось неоднократно выступать против операционализма как метода определения понятий *). В то время я не мог сослаться на крупного физика, который бы выступал против операционализма; со статьей Борна я познакомился, к сожалению, только теперь. Понимая все значение такой неожиданной для меня поддержки, все же хочу высказать несколько соображений по существу замечаний Борна об операционализме.

Борновская критика операционализма заключается в прямом указании, что в квантовой механике имеются понятия, которым нельзя сопоставить какую-либо непосредственную операцию измерения. Суть этой критики состоит, следовательно, в том, что эмпирически устанавливается область, в которой операционализм оказывается явно несостоятельным. Одновременно отмечается область, в которой операционалистическое правило полезно, это — классическая физика, где понятиям можно непосредственно сопоставить измерительные операции.

Однако анализа гносеологических тенденций операционализма здесь еще нет, а он необходим, особенно ввиду того, что он подкупает своей внешней определенностью, которая рассматривается как «реакция против буквоедства и фетишизма слов».

Рассмотрим, что означает основное требование операционализма, чтобы понятия вводились в науку только через описание операции измерения, хотя бы лишь и мысленной. Оно означает такое понимание процесса познания, согласно которому сначала определяются понятия, соответственно принятой процедуре измерения, а затем отыскиваются связи между понятиями (разумеется, не противоречащие опыту), то есть создается теория. Но только стандартные дома строятся из готовых кирпичей и блоков. Образование новых теорий, особенно современных, идет более сложными путями. Мы не будем входить сейчас в обсуждение этих путей, отметим только, что и Борн констатирует, что все развитие квантовой механики показывает, как сначала медленно создаются абстрактные формулы для сжатого описания совокупности наблюдений и измерений, а «понимание их значения наступает впоследствии». Но этот путь находится в явном противоречии с методом операционализма. В нем проявляется тот гносеологический факт, что понятие получает свое содержание только через подтвержденную теорию, через ту служебную роль, которую оно несет в теории, отображающей объективный процесс. В этом нет ничего необычного, ибо наука установила, что таково именно соотношение между целостностью и соподчиненными ей категориями в любых объектах, а теории являются лишь их отображениями.

Заслуга квантовой механики как раз в том и состоит, что она научила понимать атом, как, впрочем, и любую физическую систему, не как механический конгломерат составных частей, а как такую целостность, в которой возникает характерная для определенного объекта («специфическая») закономерность, которой подчиняются компоненты, изменяя тем самым свою природу. Только на этом пути были объяснены такие особенности атомов, как их устойчивость, насыщенность и прочее, чего не могла объяснить доквантовая физика.

Указанная связь теории и категорий, в ней отраженных, наиболее выпукло выступает в квантовой физике именно потому, что здесь с особой силой выступает тот факт, что некоторые ее категории вне целостной теории вовсе не выявляются.

*) См., например, а) УФН, т. XXXIX, вып. 1, 1949; б) Большая Советская Энциклопедия, изд. 2-е, статья «Операционализм», 1955.

Но в данном контексте существенно подчеркнуть, что указанная связь теории и категорий есть общий закон познания, который проявляется в любых теориях, а следовательно, и в классической физике. Чтобы в этом убедиться, мы рассмотрим понятие температуры, в отношении которого Борн вполне допускает операционалистический метод определения: «резонно ввести понятие температуры путем описания термометрических операций», пишет он. Однако чтобы понятие температуры имело физический смысл, оно должно удовлетворять ряду условий. Необходимо доказать, что при термодинамическом равновесии существует некоторая однозначная, монотонно изменяющаяся функция состояния системы (например, монотонно возрастающая при возрастании энергии системы). Возможность измерения значений этой функции определяется, во-первых, тем, что она должна обладать свойством транзитивности, а энергия находящихся в теплообменном взаимодействии систем — свойством аддитивности; во-вторых, тем, что при переходе системы в новое термодинамическое равновесие должен однозначно изменяться, кроме значений искомой функции, по меньшей мере еще один из параметров состояния системы. Существование функции, удовлетворяющей указанным требованиям, обосновывается в термодинамике *). Эта функция и есть температура, понятие, органически связанное со всеми другими категориями термодинамики. Такое, весьма опосредованное определение температуры выясняет и границы применения этого понятия. Так, при отсутствии термодинамического равновесия, например при электрическом разряде, понятие температуры неприменимо; этого ограничения области применения понятия температуры нельзя усмотреть при ее определении через термометрическую операцию.

Из сказанного следует, что хотя до создания теории и возможно измерение температуры и даже примитивное представление о ней (например, как «степени нагретости тела»), но определение научного понятия температуры дается не процедурой измерения, а теорией, в которой понятие выступает как ее момент, как категория, связанная через теорию с другими категориями. Напротив, возможность измерения температуры, сама процедура измерения обосновывается наличием определенных объективных свойств, обуславливающих определенность и однозначность измерения, определяющих границы применения понятия, следовательно, обосновывается некоторой, отражающей данные объективные процессы, теорией, в нашем случае — термодинамикой. Подобные же рассуждения применимы и ко всем другим понятиям.

Мы видим, таким образом, что операционализм не в состоянии отразить подлинный процесс познания в силу своего основного недостатка: являясь эмпирической концепцией, он игнорирует роль теории в процессе образования и развития понятий.

Существенно подчеркнуть еще одну сторону: с каждым понятием операционализм связывает раз навсегда определенную процедуру измерения; тем самым он ограничивает содержание понятия соотношением, которое исторически раскрыто ранее других. Между тем любой объект, отражаемый понятием (или присущая объекту категория), находится в многочисленных взаимосвязях и отношениях с другими объектами (или категориями), которые могут оказаться более существенными, хотя они могут быть раскрыты позднее того отношения, которое уже положено в качестве определения понятия. Так, например, понятие массы не исчерпывается операционалистским по духу указанием Маха на ту роль, кото-

*) См., например: М. А. Леонтович, Введение в термодинамику, Гостехиздат, М., 1952.

рую она играет во взаимных ускорениях тел; в самом деле, масса имеет и другие существенные свойства и взаимосвязи, раскрытые позднее, например ее связь с энергией, или ее зависимость от относительной скорости; и вряд ли правомерно полагать, что эти связи имеют меньшее значение, чем та, которую Мах положил в основание ее определения. В ходе познания раскрывается, что определение понятия через ставшую известной одну из возможных процедур измерения исторически ограничено. Такое определение либо превращает понятие в раз навсегда данную внеисторическую категорию, тормозя тем самым дальнейшее познание, либо же оно начинает рассматриваться как чисто условное. Известно, например, что Мах, также отождествляя каждое понятие с определенной операцией измерения, считал эти определения не более как условными соглашениями; в обоснование он ссылаясь на то, что историческая последовательность открытий случайна и вовсе не однозначна. Напомним ход одного из таких рассуждений Маха. Утверждая, что физика считает теплоту движением, а электричество — веществом, Мах доказывает, что это различие в представлениях определяется исторически сложившимся методом измерения того и другого. «Изучая разряды лейденской банки, пишет Мах, мы можем применить две различные операции измерения: одну — с помощью весов Кулона, построенных в 1785 году, другую — с помощью термометра Рисса, изобретенного в 1838 году; результат первого измерения со времен Кулона называется количеством электричества, а результат второго назовем потенциалом». «Когда электрический заряд лейденской банки производит теплоту, то потенциал ее изменяется и величина его, как показывает термометр Рисса, убывает. Но количество электричества, по измерению Кулона, остается без изменения. Теперь представим себе, что термометр Рисса изобретен раньше, чем крутильные весы Кулона. Представить себе это нетрудно, потому что эти изобретения совершенно друг от друга не зависят. Не было ли бы тогда естественнее, если бы количество содержащегося в лейденской банке электричества оценивалось по теплоте, произведенной в термометре? Но тогда так называемое количество электричества уменьшилось бы при образовании теплоты, между тем как теперь оно остается без изменения. Тогда, следовательно, электричество не было бы веществом, а было бы движением, между тем как теперь оно еще вещество. Отсюда ясно, что если мы об электричестве думаем иначе, чем о теплоте, то этот факт имеет чисто историческое и совершенно случайное условное основание». В общей концепции Маха эта условность понятий оправдывается тем, что понятия, по Маху, не являются отражением объективных категорий, которым они должны соответствовать. «При исследовании природы,—пишет он в связи с указанными выше рассуждениями,—важно только познание связи явлений. То, что мы представляем себе позади явлений, существует только в нашем уме, имеет для нас только значение мнемонического приема или формулы, форма которой, будучи произвольной и безразличной, очень легко меняется с состоянием нашей культуры»^{*)}.

Позиция Маха была чисто позитивистской. Естествоиспытатель, который исходит из наличия вне нас объективного мира, разумеется, не может принять эту позицию.

Все эти соображения приводят нас к выводу, что операционалистический метод введения понятий в науку не обеспечивает объективности познания, и потому неприемлем; он неприемлем не только в квантовой физике, но и вообще, как гносеологический метод.

^{*)} См.: Э. Мах, Принципы сохранения работы. История и корень его. С.-Петербург, 1909 г.

Подведем некоторые итоги.

Борн прав в том, что нет других путей познать внешний объективный мир, как только взаимодействуя с ним. Новый опыт принудительным образом изменяет старые представления о мире, углубляя их и делая их все более адекватными миру. Вынужденный характер развития наших представлений доказывает наличие в нашем опыте объективного содержания. Отсюда та высокая оценка, которая дается опыту, эксперименту, как источнику познания.

Но отображение внешнего мира не ограничивается единичным опытом; единичный опыт обобщается и осмысливается в теории; опираясь на опыт, человек способен отобразить самые тонкие и сложные отношения в мире через абстрактные теории, которые дают поэтому более глубокое познание мира, чем непосредственный единичный опыт. Отсюда оценка теории, как более глубокого образа внешнего мира, в котором осмысливается и обобщается эксперимент. Практическая деятельность на основе созданной теории проверяет ее соответствие внешнему миру.

Опыт, накопленный и обобщенный в теории, а затем и в целостном мировоззрении, исходящем из признания внешнего мира и отражения его в сознании человека, позволяет исследователю преодолеть слепой эмпиризм, является его руководителем в поступательном развитии познания. Правомерная борьба против догматизма не может исключать руководящей роли теории и мировоззрения, если только они адекватно отображают закономерности объективного мира.

Таковы неизбежные выводы, которые должен сделать исследователь, размышляющий над вопросом о роли эксперимента и теории в познании.
