

О СООТНОШЕНИЯХ НЕТОЧНОСТЕЙ ГЕЙЗЕНБЕРГА И ИХ ТЕОРЕТИКО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОМ ЗНАЧЕНИИ*

М. Лауэ, Берлин

Два года назад я указал** на то, что вывод из формальных соотношений квантовой механики, в частности из соотношений неточностей, относительно необходимости отказа от принципа причинности, с моей точки зрения не является обязательным, так как этот вывод опирается на понятия, заимствованные из механики Ньютона, последняя же имеет опытное происхождение. Эти выводы, по моему разумению, опровергают лишь применимость упомянутых понятий к атомным явлениям. Однако при обсуждении этого возникает, — в то время не разобранная мною, — мысль, которая на первый взгляд кажется весьма подкупающей; ею я хочу заняться в этой статье. Мысль эта следующая: „Истинно-каузальное понимание атомных явлений невозможно из-за того, что нельзя использовать для измерения этих явлений объекты, меньшие атома; воздействие же средств измерения на подлежащий исследованию атом (или сочетание атомов) существенно нарушает состояние последнего. Если можно в других областях физики предполагать, что применяемое при измерении пробное тело может быть выбрано достаточно малым, чтобы исключить его воздействие на измеряемое явление, эта возможность отпадает, коль скоро исследуют атомы и их состояния“.

Существенной разницы не возникает, если в этом рассуждении принимают за самое маленькое тело наименьший квант действия h .

Постановка вопроса о воздействии средств измерения на исследуемое явление и значение этого воздействия для исследования состояний атомов представляются мне большой заслугой Бора и Гейзенберга. Несмотря на это, я не верю, что приведенные соображения указывают границу познанию, которую вообще невозможно перешагнуть. В самом деле, в основе этого вывода лежит молчаливо сделанная предпосылка: „Для открытия новых измерительных возможностей необходимо прибегать к новым экспериментальным средствам“. Лишь в том случае, если эта

* Naturwiss., 26, 439, 1934, перев. Л. Чернова.

** Naturwiss., 20, 915, 1932.

предпосылка принята, можно следовать дальше: „Так как мы пришли к самым тонким вспомогательным средствам — самим атомам, то мы никогда не сможем идти дальше“. Но правильно ли это предположение?

Рассмотрим, например, открытие Герца, которое несомненно расширило наши познания. С чем экспериментировал Герц? С индуктором и питающим его источником тока, с несколькими проводниками, металлическими пластинками и шарами, — короче, с хорошо известными вещами, которыми другие уже тысячу раз пользовались до Герца. Что наблюдает он? Электрические искры, поистине уже давно известные.

Таким образом это завоевание науки, повидимому, вовсе не было обусловлено новыми экспериментальными средствами, но гениальной логикой экспериментатора.

В истории физики можно, пожалуй, найти еще много примеров такого рода; из новейшего времени примером может служить теорема Нернста. Но яснее, может быть, чем в каком-нибудь историческом случае, выступает это в одной сказке, которую я поэтому хочу рассказать. Впрочем, при всей ее правильности в физическом отношении она — в некоторых других отношениях — использует права сказки.

„Жил был молодой человек, который хотел посвятить себя изучению физики, но был принужден из-за бедности зарабатывать себе хлеб собственным трудом. Обратился он к одной электротехнической фирме, которая, при его плохом школьном образовании в области физики, больше из сострадания, чем по другим мотивам, приняла его на службу. Поставили перед ним, однако, совсем простую задачу, именно: проверку электродвижущей силы гальванических элементов с помощью вольтметров обычным в технике способом. Он взял несколько таких приборов разного устройства, чтобы проверять каждый гальванический элемент несколькими вольтметрами, потому что полагаться на правильность измерения он мог только тогда, когда все они показывали одно и то же число вольт. Делал это молодой человек, и сперва все шло хорошо.

Но однажды дошла очередь до элемента, для которого все его вольтметры показывали разные напряжения. Дело было не в ошибках эксперимента; несмотря на всю тщательность, студент не мог получить одинаковых результатов. Обдумав положение, наш молодой человек пришел, наконец, к выводу: само собой понятно, что применение вольтметра влечет за собой воздействие его на элемент. В других случаях оно было незаметно, здесь же, очевидно, воздействие так сильно, что оно существенно сказывается на результатах измерения.

Итак, измерение, не влияющее на величину электродвижущей силы, моими средствами невозможно.

Это соображение он сообщил одному старому другу. Тот ответил: „Что касается воздействия вольтметра на результаты измере-

ния, то в этом отношении ты вполне прав; однако его можно подсчитать, коль скоро известно внутреннее сопротивление вольтметра и элемента" И друг дал нашему студенту небольшой урок на тему о законе Ома.

После этого наш молодой человек включил последовательно все свои вольтметры в одну и ту же цепь и непосредственно определил (в произвольных единицах) по их отклонениям внутренние сопротивления этих вольтметров. Когда он затем присоединил к гальваническому элементу, который создал для него затруднения, сначала один вольтметр, а затем другой, то он смог определить посредством элементарных подсчетов, во-первых, внутреннее сопротивление элемента (в тех же самых единицах) и, во-вторых, искомое влияние на электродвижущую силу. Для этого он не нуждался в новом экспериментальном вспомогательном средстве; у него было теперь проводников не больше, чем прежде, но он обладал новыми познаниями".

Является вообще рискованным делать из современного состояния физических знаний слишком далеко идущие теоретико-познавательные выводы. Помимо основного возражения, которое состоит в том, что нельзя отвергать принцип доступности природы для исследования только из-за того, что мы до сих пор не вполне понимали, как его применять, следует всегда исходить из оснований, логически прочных и не содержащих внутренних противоречий.

Этого утверждать в отношении современной физики, к сожалению, невозможно. Я укажу здесь на одно глубокое внутреннее противоречие в этой науке.

Старое представление о заполнении пространства материей не уживается с предположением о существовании мельчайших частиц, и, однако, оба представления в современной физике уживаются друг с другом. Если мельчайшие частицы пространства понимать в обычном смысле этого слова, то, как бы мало ни было это пространство, его, — а вместе с ним и самую корпускулу, — можно разделить дальше. С необходимостью возникает дальнейший вопрос: что случится, если части корпускулы сместятся друг по отношению к другу?

Созрел ли этот вопрос для решения к настоящему времени или его следует предоставить последующим поколениям физиков, мы здесь обсуждать не будем. При этом мы говорим уже о частицах меньших, чем „мельчайшие“. Если, несмотря на это, мы верим в существование этих мельчайших частиц, то это, по-моему, оправдывается только тем, что как согласно экспериментальным результатам относительно дифракции электронов и атомов, так и по волномеханическому толкованию спектров и другим такого же рода вещам старое представление о заполнении пространства корпускулами является неправильным, ибо его нельзя совместить с этими опытами. И несмотря на это, в литературе всегда еще идет речь о радиусе электрона в смысле простран-

ственной протяженности* — явный признак незамеченного противоречия.

Мне было бы очень неприятно, если бы эти соображения по недоразумению были поняты, как направленные против современной квантовой и атомной теории. Существует, как мне кажется, совершенно объективная мера успеха, которую эта теория означает; эта мера — в столь часто порицаемой ее „ненаглядности“. Что считается наглядным — это зависит от времени. Теория, которая принуждает современников ее возникновения, особенно старшее поколение, изменить привычные представления о внешнем мире, всегда и неизбежно представляется ненаглядной. Так было уже с теориями Коперника и Фарадея-Максвелла. Этими строками хотелось бы только предостеречь физиков от того, что при блестящем математическом формализме современной атомной теории последняя сознательно отказывается отвечать на определенные вопросы, делать выводы о существовании принципиально непознаваемого. Оговоримся, что эти вопросы могут быть такими, по крайней мере часть их, что на них и невозможно ответить, т. е. они могут не иметь физического смысла. Возражаем мы только против вывода, что и при видоизмененной постановке вопроса мы никогда не сможем прийти к полному пониманию физических явлений. Соотношения неточностей ставят предел, — это мое мнение, — корпускулярной механике, но не физическому познанию.

Когда, собственно, причинность сможет считаться „эмпирически доказанной“? Тогда ли, когда последние проблемы естествознания будут исчерпывающе решены? Но такого состояния, вероятно, никогда не будет. Было, правда, время несколько десятков лет тому назад, когда казалось, что, по крайней мере в физике, мы уже близки к этому. В то время думали, что ответить на все открытые вопросы физики легко, и поэтому считали физику в существенных чертах законченной. От этого наивного оптимизма физика излечилась в ее дальнейшем развитии. Зато теперь впадают в неменьший некритический пессимизм: задача физики вообще неразрешима. Этот пессимизм представляется мне, несмотря на все приводимые в его пользу мнимые основания, только отзвуком общего глубокого пессимизма в области культуры. Поддаваться ему — не дело естествоиспытателя. Его наука стоит выше человеческих настроений.

* Что величина $\frac{e^2}{mc^2}$ имеет иногда этот смысл для электрона, конечно, вполне возможно.