



Квантовая физика и философия

Значение физических наук для философии состоит не только в том, что они все время пополняют сумму наших знаний о неодушевленной материи, но и прежде всего в том, что они позволяют подвергнуть проверке те основания, на которых покоятся наши самые первичные понятия, и выяснить область их применимости. Накопление экспериментальных данных и развитие теоретических понятий, несомненно, приводят к усовершенствованиям в терминологии. Тем не менее всякое описание физических результатов основано в конечном счете на обычном языке, приспособленном к тому, чтобы разбираться в окружающем и проследить связи между причинами и следствиями. Галилеева программа, согласно которой описание физических явлений должно опираться на величины, имеющие количественную меру, дала прочные основы для упорядочения опытных данных во все более и более широкой области.

В ньютоновой механике состояние системы материальных тел определяется их мгновенными положениями и скоростями. Если известно состояние системы в данный момент времени и если известны силы, действующие на тела, то в ньютоновой механике оказывается возможным, применяя хорошо известные простые законы, определить единственно из этих данных состояние системы во всякий другой момент времени. Описание такого рода представляет, очевидно, идеальную форму причинной связи, соответствующую понятию детерминизма. Выяснилось, что такое описание применимо и в более широкой области. Так, при отображении электромагнитных явлений, где приходится рассматривать распространение сил с конечными скоростями, оказалось возможным сохранить детерминистское описание, включив в понятие состояния не только положения и скорости заряженных частиц, но и задаваемые по величине и по направлению электрические и магнитные силы в каждой точке пространства в рассматриваемый момент времени.

В этом отношении положение вещей не изменилось существенным образом в результате признания того, что описание физических явлений в определенной мере зависит от системы отсчета, избранной наблюдателем. Признание этого обстоятельства составляет содержание понятия относительности. Мы имеем здесь дело с чрезвычайно плодотворным научным направлением, которое позволило формулировать физические законы, общие для всех наблюдателей, и связать явления, представлявшие прежде несвязанными. Хотя в этих формулировках применяются, математические абстракции, такие, как четырехмерная неевклидова метрика, физическое толкование для каждого данного наблюдателя основано на обычном отделиении пространства от времени, причем сохраняется детерминистский характер описания. Сверх того, как было указано Эйнштейном, соответствующая различным наблюдателям координация событий в пространстве и времени такова, что она никогда не заменяет данную причинную последовательность событий на обратную. Поэтому теория относительности не только расширила область применимости, но и укрепила основы детерминистского описания, являющегося характерным для того величественного здания, которое именуется классической физикой.

С открытием Планком элементарного кванта действия началась, однако, новая эпоха в физических науках. Это открытие обнаружило свойственную атомным процессам черту цельности, идущую гораздо дальше старой идеи об ограниченной делимости материи. Стало ясно, что свойственное классическим физическим теориям наглядное картинное описание представляет идеализацию, применимую только к явлениям, которые удовлетворяют условию, что все величины размерности действия, встречающиеся в их анализе, настолько велики, что по сравнению с ними квантом действия можно пренебречь. В явлениях обычного масштаба это условие выполняется с избытком; напротив, в опытных данных, относящихся к атомным частицам, мы наталкиваемся на закономерности нового типа, не поддающиеся детерминистскому анализу. Эти квантовые законы обуславливают замечательную устойчивость атомных систем и определяют их реакции; тем самым они в конечном счете ответственны и за те свойства материи, от которых зависят наши способы наблюдения.

Задача, с которой столкнулись физики, состояла, таким образом, в том, чтобы рациональным образом обобщить классическую физику, гармонически включив в нее квант действия. После предварительного исследования полученных из опыта данных, произведенного более грубыми методами, эта трудная задача была в конце концов решена путем введения надлежащих математических абстракций. Так, в аппарате квантовой механики на месте величин, характеризующих в обычной механике состояние физической системы, выступают символические операторы, подчиненные некоммутативному правилу умножения, содержащему на самом деле исчерпывают все, что мы можем узнать о предмете. Отнюдь не ограничивая наши стремления задавать природе вопросы в форме экспериментов, понятие дополненности просто характеризует возможные ответы, получаемые в результате такого исследования в том случае, когда взаимодействие между измерительным прибором и объектом составляет нераздельную часть явления.

Разумеется, классическое описание экспериментальной установки и необратимость отсчетов, относящихся к атомному объекту, обеспечивают последовательность между причиной и следствием в соответствии с очевидным и элементарным требованием причинности. В то же время окончательный отказ от классического идеала детерминизма находит себе яркое выражение в соотношениях дополненности, представляющих условия для

однозначного применения основных понятий, безусловное и неограниченное применение которых составляет основу классического описания. В самом деле, для констатации наличия атомной частицы в ограниченной области пространства и времени требуется экспериментальное устройство, связанное с переносом количества движения и энергии к телам, подобным неподвижным масштабам и синхронно идущим часам; а этот перенос не может быть включен в описание работы упомянутых приборов без отказа от их пригодности к выполнению их роли фиксировать систему отсчета. Обратно, всякое строгое применение к атомным процессам законов сохранения количества движения и энергии предполагает в принципе отказ от детальной локализации частиц в пространстве и времени.

Эти обстоятельства находят себе количественное выражение в соотношениях неопределенности Гейзенберга. Последние дают связь (обратную пропорциональность) между неточностями допустимого в квантовой механике фиксирования тех кинематических и динамических переменных, которыми в классической механике определяется состояние физической системы. Действительно, некоммутативность математических символов, которыми в аппарате квантовой механики представлены эти переменные, соответствует несовместимости экспериментальных установок, необходимых для их однозначного определения. В связи с этим заметим, что мы, очевидно, имеем здесь дело не с ограничениями точности измерений, а с ограниченной применимостью пространственновременных понятий и динамических законов сохранения; эта ограниченная применимость связана с необходимостью проводить различие между измерительными приборами и атомными объектами.

При рассмотрении задач атомной физики для выполнения конкретных вычислений удобнее всего пользоваться шредингеровской функцией состояния. Путем применения определенных математических операций из этой функции могут быть выведены статистические законы для результатов наблюдений, получаемых при определенных условиях. Следует, однако, признать, что мы имеем здесь дело с чисто символическим приемом, однозначная физическая интерпретация которого требует в последнем счете ссылки на определенную экспериментальную установку. Неучет этого обстоятельства приводил иногда к недоразумениям. В частности, применение таких выражений, как «наблюдение возмущает явление» или «измерение создает физические атрибуты объектов», едва ли совместно с общепринятым значением употребляемых терминов и с обычным словоупотреблением.

В связи с этим поднимался даже вопрос, не следует ли в целях более точного представления сложившейся ситуации прибегнуть к многозначной логике. Предыдущие рассуждения показывают, однако, что какие бы то ни было отклонения от общепринятого языка и обычной логики полностью устраняются, если употреблять слово «явление» только в смысле чего-то такого, о чем возможно однозначным образом информировать; слово «измерение» должно при этом употребляться в своем прямом смысле количественного сравнения (сравнения с эталоном). Такая осторожность в выборе терминологии особенно важна при исследованиях в новой области, где информация не может быть заключена в привычную схему, нашедшую столь широкое применение в классической физике.

Только имея все это в виду, можно убедиться в том, что квантовая механика удовлетворяет в отношении своей непротиворечивости и полноты всем требованиям, какие можно предъявить к рациональному объяснению. Так, для непротиворечивого толкования аппарата квантовой механики существенно исходить из отсчетов, делаемых на приборах при вполне определенных условиях опыта. Этот упор на конкретные отсчеты приборов становится на место основной предпосылки классического физического описания, согласно которой каждое звено в причинной цепи событий допускает в принципе непосредственную проверку. Полнота же описания, подобная той, к какой стремилась классическая физика, достигается принципиальной возможностью принимать во внимание все мыслимые экспериментальные установки.

Разумеется, такого рода рассуждения вовсе не означают, что атомная физика не принесет нам больше ничего нового в отношении экспериментальных открытий и математических средств для их описания и понимания. В самом деле, весьма возможно, что для объяснения новых закономерностей, открывающихся при исследовании атомных процессов весьма большой энергии, потребуются ввести в математический аппарат дальнейшие абстракции. Решающим является, однако, то обстоятельство, что при этом не может быть и речи о возвращении к такому способу описания, которое в большей степени шло бы навстречу привычным требованиям наглядного модельного представления связи между причиной и следствием.

Тот факт, что квантовые закономерности не могут быть проанализированы в классическом духе, обуславливает, как мы видели, необходимость ввести при описании того, что мы узнаем посредством опыта, логическое различие между измерительными приборами и атомными объектами, различие, принципиально исключающее возможность исчерпывающего детерминистского описания. Резюмируя, можно сказать, что более широкие рамки дополнительности отнюдь не означают произвольного отказа от идеала причинности. Понятия дополнительности непосредственно выражает наше положение в вопросе об отображении фундаментальных свойств материи, которые считались подлежащими классическому физическому описанию, но оказались вне пределов его применимости.

При всех различиях в ситуациях, характерных для применений понятий относительности и дополнительности, эти ситуации представляют в гносеологическом отношении значительное сходство. В самом деле, в обоих случаях мы имеем дело с исследованием закономерностей, которые не могут быть охвачены наглядными представлениями, пригодными для отображения физических фактов в более ограниченной области. Решающим является, однако, то обстоятельство, что ни в одном из этих случаев расширение рамок наших

понятий не предполагает какойлибо ссылки на наблюдающий субъект (эта ссылка была бы препятствием для однозначной передачи опытных фактов).

В рассуждениях теории относительности такая объективность обеспечивается учетом зависимости явлений от системы отсчета наблюдателя, тогда как в дополнительном описании какая-либо субъективность исключается благодаря учету тех обстоятельств, которые делают однозначным применение наших первичных понятий.

В общефилософском аспекте знаменательно здесь то, что в отношении анализа и синтеза в других областях знания мы встречаемся с ситуациями, напоминающими ситуацию в квантовой физике. Так, цельность живых организмов и характеристики людей, обладающих сознанием, а также и человеческих культур представляют черты целостности, отображение которых требует типично дополнительного способа описания. Передача опытных фактов в этих обширных областях знания требует богатого словаря, а изза того, что словам иногда придается различный смысл и прежде всего из-за различия в принятых в философской литературе толкованиях понятия причинности, цель такого рода сопоставлений часто понималась превратно. Но постепенно развитие терминологии, пригодной для описания более простой ситуации в области физики, показывает, что мы имеем здесь дело не с более или менее туманными аналогиями, а с отчетливыми примерами логических связей, которые в разных контекстах встречаются в более широких областях знания.