



Физическая наука и проблема жизни

Для меня было удовольствием принять предложение Копенгагенского медицинского общества прочесть одну из Стенсеновских лекций, которыми общество чтит память знаменитого датского ученого; его достижениями восхищаются все в большей степени не только в нашей стране, но и во всем научном мире. Я избрал своей темой проблему, занимавшую человеческую мысль в течение многих веков; она глубоко интересовала и самого Нильса Стенсена. Эта проблема состоит в выяснении того, насколько физический опыт может помочь нам в объяснении органической жизни в ее богатых и разнообразных проявлениях. Из развития физики за последние десятилетия, в частности из исследований так долго скрытого от нас мира атомов, можно извлечь поучение, касающееся нашего положения наблюдателей той природы, частью которой мы являемся сами. Я попытаюсь показать, как это развитие и этот урок создали новые предпосылки для нашего отношения к этому вопросу.

Уже в философских школах древней Греции мы находим расхождение во мнениях относительно средств и понятий, пригодных для объяснения поразительных отличий между живыми организмами и другими материальными телами. Хорошо известно, что атомисты считали ограниченную делимость всякой материи необходимой не только для объяснения простых физических явлений, но и для толкования отправления живых организмов и связанных с ними психических явлений. С другой стороны, Аристотель отвергал атомистические идеи и, имея в виду цельность, какую обнаруживает каждый живой организм, защищал необходимость вводить в описание природы такие понятия, как совершенство и целесообразность.

В течение почти 2000 лет положение оставалось по существу неизменным. Только в эпоху Возрождения были сделаны те великие открытия как в физике, так и в биологии, которые должны были дать новый побудительный толчок к дальнейшему их развитию. В физике прогресс состоял прежде всего в освобождении от аристотелевской идеи о движущих силах как о причине всякого движения. Галилей установил, что равномерное движение есть проявление инерции, и рассматривал силу как причину изменения движения. Оба эти утверждения должны были стать основой развития механики, которую Ньютон облек в незыблемую и законченную форму, к восхищению последующих поколений. В этой так называемой классической механике исключено всякое упоминание о цели, так как ход событий описывается как автоматическое следствие заданных начальных условий.

Прогресс механики не мог не оказать сильнейшего влияния на всю современную науку. В частности, анатомические исследования Везалиуса и открытие Гарвеем кровообращения навели на мысль сравнивать живые организмы с машинами, работающими по законам механики. Из философов особенно Декарт подчеркивал сходство животных с автоматами, но вместе с тем он приписывал человеческим существам душу, взаимодействующую с телом в некоторой железе в мозгу. Однако в своем знаменитом Парижском докладе об анатомии мозга Стенсен подчеркнул недостаточность современного знания таких проблем; этот доклад свидетельствует о его большой наблюдательности и непредвзятости, характерных для всей его научной деятельности.

Дальнейшее развитие биологии, особенно после изобретения микроскопа, привело к открытию неожиданной тонкости строения живых организмов и их регулирующих процессов. Таким образом, механистические идеи нашли себе еще более широкое применение, но в то же время поразительная способность живых организмов к регенерации и приспособлению породила и так называемые виталистические и финалистические (телеологические) взгляды, которые не раз и высказывались. Такого рода взгляды уже не возвращали к примитивным идеям жизненной силы, действующей в живых организмах, а скорее делали упор на недостаточность физического подхода для объяснения характерных черт жизни. В качестве спокойного изложения ситуации, какой она была в начале этого столетия, я бы хотел сослаться на следующее высказывание моего отца, физиолога Христиана Бора, во введении к его статье, опубликованной в ежегодном издании Копенгагенского университета за 1910 г. под заглавием «О патологическом расширении легких»:

«Поскольку физиологию можно характеризовать как особую ветвь естественных наук, ее специальной задачей является изучение явлений, свойственных живому организму как данному эмпирическому объекту; цель этих исследований — добиться понимания роли различных частей организма в саморегуляции, понимания того, как эти части уравнивают друг друга и достигают согласованности при изменении внешних воздействий и внутренних процессов. Соответственно самой природе этой задачи слово «цель» относят к сохранению живого организма, а целесообразным называют регулирующие механизмы, служащие к его сохранению. Именно в этом смысле мы и в дальнейшем будем употреблять понятие «целесообразность» в применении к органическим отправлениям. Для того чтобы употребление этого понятия в каждом отдельном случае не было бессодержательным или даже вводящим в заблуждение, нужно потребовать, чтобы ему всегда предшествовало достаточно тщательное исследование рассматриваемого явления органической жизни. Такое исследование должно шаг за шагом осветить тот путь, каким это явление способствует сохранению живого организма. Хотя это есть всегонавсего требование научного доказательства того, что в данном случае понятие целесообразности употреблено в соответствии с его определением, а это требование может показаться

очевидным, тем не менее мы считаем нелишним его подчеркнуть. Действительно, физиологические исследования выявили такое великое множество крайне тонких приспособлений живого организма, что очень соблазнительно называть каждое наблюдаемое проявление жизни целесообразным, не затрудняя себя экспериментальным исследованием деталей его отправлений. При помощи аналогии, которые так легко находятся среди многообразных органических отправлений, легко сделать следующий шаг и истолковать такое отправление субъективным образом, приписав ему в данном случае то или иное специальное назначение. Очевидно, однако, что при нашем столь ограниченном знакомстве с живыми организмами такое субъективное суждение очень часто может быть ошибочным; это иллюстрируется множеством примеров. В таких случаях недостаточное экспериментальное освещение деталей процесса и является причиной ошибочных результатов подобного образа действия. Само по себе априорное предположение целенаправленности органического процесса, однако, вполне естественно в качестве эвристического принципа; благодаря крайней сложности условий в организме и трудности их учета и понимания этот принцип может оказаться не только полезным, но даже необходимым для постановки конкретной научной задачи и для поисков путей к ее решению. Но одно дело — это то, чем удобно и можно пользоваться в предварительном исследовании, и совсем другое дело то, что может законно рассматриваться как окончательный результат. Что касается проблемы целесообразности данного отправления для сохранения живого организма в целом, то, как подчеркнуто выше, такой результат может быть обеспечен только наглядным показом в подробностях тех путей, которыми достигается эта цель».

Я привел эти замечания, отражающие взгляды того круга, в котором я вырос и чьи дискуссии я слушал в молодости, потому что они представляют подходящую исходную точку для исследования места, занимаемого живыми организмами в описании природы. Как я попытаюсь показать, современное развитие атомной физики, увеличив наши знания об атомах и о том, как они составлены из более элементарных частиц, обнаружило вместе с тем принципиальную ограниченность так называемого механистического представления о природе. Этим оно создало новые предпосылки для решения вопроса, имеющего прямое отношение к нашему предмету, а именно: что мы можем понимать под научным объяснением и что мы можем от него требовать?

Для того чтобы представить положение в физике как можно яснее, я прежде всего напому вам тот крайний взгляд, который был выражен в известной идее Лапласа о мировой машине и который возник под влиянием больших успехов классической механики. Согласно этой концепции, все взаимодействия между частями, составляющими эту машину, подчиняются законам механики; поэтому интеллект, знающий расположение и скорости этих частей, мог бы предсказать все последующие события во вселенной, включая поведение животных и человека. Эта идея, как известно, играла большую роль в философских дискуссиях; однако во всей этой концепции не было обращено должного внимания на те предпосылки, которые нужны для того, чтобы были применимы такие понятия, без каких невозможно сообщение о физическом опыте.

В этом отношении дальнейшее развитие физики настоятельнейшим образом преподало нам урок. Уже чрезвычайно важное толкование тепловых явлений как непрерывного движения молекул в газах, жидкостях и твердых телах привлекло внимание к большому значению условий наблюдения для описания опытных фактов. Конечно, не могло быть и речи о подробном описании движения бесчисленных молекул среди себе подобных; можно было говорить лишь о выводе статистических закономерностей теплового движения путем использования общих механических принципов. Своеобразный контраст между обратимостью простых механических процессов и необратимостью, типичной для многих термодинамических явлений, был, таким образом, разъяснен тем фактом, что применение понятий, подобных температуре и энтропии, относится к экспериментальным условиям, несовместным с полным контролем над движением отдельных молекул.

В сохранении и росте живых организмов видели иногда противоречие с вытекающим из законов термодинамики стремлением к температурному и энергетическому равновесию изолированной физической системы. Однако мы должны помнить, что живые организмы непрерывно снабжаются свободной энергией путем питания и дыхания и самые тщательные физиологические исследования никогда не обнаруживали никакого отклонения от принципов термодинамики. Все же признание такого рода сходства между живыми организмами и обыкновенными силовыми двигателями, конечно, никоим образом не достаточно для ответа на вопрос о положении живых организмов в описании природы; этот вопрос, очевидно, требует более глубокого анализа проблемы наблюдения.

Как раз эта проблема и была неожиданно выдвинута на первый план открытием универсального кванта действия, выражающего свойство цельности атомных процессов; это свойство не допускает того различия между наблюдением явления и поведением объектов самих по себе, которое столь характерно для механистической концепции природы. В физических системах обычного масштаба изображение событий как цепи состояний, описываемых доступными измерению величинами, покоится на том обстоятельстве, что мы имеем здесь дело с действиями достаточно большими, чтобы можно было пренебрегать взаимодействием между объектами и телами, которые служат как измерительные инструменты. В условиях, когда квант действия играет решающую роль и когда взаимодействие составляет неотъемлемую часть явления, уже нельзя в этой же мере приписывать явлениям ход, точно определенный в механическом смысле.

Мы стоим здесь перед крушением обычных физических наглядных представлений; это крушение убедительно сказывается в трудности говорить о свойствах атомных объектов независимо от условий их наблюдения. В самом деле, электрон, несомненно, можно рассматривать как заряженную материальную частицу, поскольку измерения его инертной массы всегда дают один и тот же результат и поскольку каждая передача электричества между атомными системами всегда равна целому кратному числу так называемого единичного заряда. Между тем интерференционные эффекты, возникающие, когда электроны проходят сквозь кристаллы, несовместимы с механическими представлениями о движении частиц. Мы встречаем аналогичные

черты в известной дилемме о природе света, поскольку оптические явления требуют понятия о распространении волн, тогда как законы передачи количества движения и энергии в атомных фотоэффектах опираются на механическое представление о частицах.

Эта ситуация, новая в физической науке, потребовала нового анализа тех предпосылок, на которых основано применение понятий, употребляемых нами для ориентирования в окружающем. Конечно, в атомной физике мы сохраняем свободу ставить природе вопросы в форме экспериментов, но мы должны признать, что все разнообразные экспериментальные условия определяются исключительно телами, настолько тяжелыми, что в описании их действия можно не считаться с квантом. Информация об атомных объектах получается только в форме следов, которые они оставляют на этих измерительных приборах; таким следом является, например, пятно от удара электрона о фотографическую пластинку, помещенную в экспериментальной установке. То обстоятельство, что такие следы происходят от необратимых усилительных эффектов, придает явлениям своеобразный законченный характер, прямо указывающий на принципиальную необратимость самого понятия наблюдения.

Особенность положения в квантовой физике состоит прежде всего в том, что информация, полученная об атомных объектах, не может быть объединена и истолкована на основе того подхода, который типичен для механистической концепции природы. Уже тот факт, что в одной и той же экспериментальной установке будут, вообще говоря, регистрироваться наблюдения, относящиеся к разным индивидуальным квантовым процессам, влечет за собой принципиальное ограничение детерминистического метода описания. Далее, классическое физическое описание покоится на требовании неограниченной возможности подразделять явление; но это требование явно несовместимо со свойством цельности типичных квантовых явлений. В самом деле, всякое поддающееся определению подразделение требует изменения экспериментальной установки, благодаря которому возникают новые индивидуальные эффекты.

Чтобы характеризовать соотношение между явлениями, наблюдаемыми при разных экспериментальных условиях, был введен термин «дополнительность»; он подчеркивает тот факт, что взятые вместе такие явления исчерпывают всю поддающуюся определению информацию об атомных объектах. Идея дополнительности отнюдь не содержит произвольного отказа от привычного физического объяснения; но она непосредственно относится к нашему положению наблюдателей в такой области опыта, где однозначное применение понятий, используемых при описании явлений, существенно зависит от условий наблюдения. Математическое обобщение системы понятий классической физики дало возможность развить формальный аппарат, в котором остается место для логического включения кванта действия. Непосредственная цепь этой так называемой квантовой механики состоит в формулировании статистических закономерностей, относящихся к данным, добытым в определенных условиях наблюдения. Принципиальная полнота такого рода описания обеспечивается тем, что при этом идеи классической механики сохраняются в пределах, достаточных для характеристики любых поддающихся определению вариантов экспериментальных условий.

Дополнительный характер квантовомеханического описания ясно выражен в способе описания состава и реакций атомных систем. Так, характерные спектры элементов и валентности химических соединений зависят от закономерностей, относящихся к энергетическим состояниям атомов и молекул, а эти закономерности обнаруживаются только при таких обстоятельствах, когда возможность контроля над положениями электронов в атоме или в молекуле исключена. В этой связи интересно отметить, что плодотворное применение структурных формул в химии покоится единственно на том факте, что атомные ядра намного тяжелее электронов. Однако что касается устойчивости и превращений самих ядер, то там квантовомеханические свойства опять становятся решающими. Только в дополнительном описании, выходящем за рамки механистического понимания природы, и можно найти место для фундаментальных закономерностей, определяющих свойства тех веществ, из которых состоят наши инструменты и наши тела.

Прогресс в области атомной физики нашел, как известно, широкое применение в биологических науках. В частности, я могу указать на достигнутое нами понимание своеобразной устойчивости химических структур в клетках, передающих наследственные свойства вида, а также понимание статистических законов появления мутаций в организмах, подвергшихся воздействию специальных факторов. Далее, усилительные эффекты, подобные тем, какие позволяют наблюдать индивидуальные атомные частицы, играют решающую роль во многих отправлениях живого организма. Наличие таких эффектов подчеркивает необратимый характер типичных биологических явлений. А присущая описанию отправления живых организмов направленность хода времени ярко проявляется в способности организмов использовать предшествующий опыт для реакций на последующие раздражители.

В этом многообещающем развитии мы имеем дело с очень важным и по существу почти неограниченным расширением области применения чисто физических и химических идей к биологическим проблемам. А так как квантовая механика представляется рациональным обобщением классической физики, то в целом этот подход можно назвать механическим. Вопрос, однако, в том, действительно ли и в каком смысле такой прогресс подрывает основы для применения в биологии так называемых финалистических аргументов. Здесь мы должны признать, что описание и толкование замкнутых квантовых явлений не обнаруживает никаких признаков, указывающих на то, что организация, составленная из атомов, способна приспосабливаться к окружающему так, как мы это видим в случае самосохранения и эволюции живых организмов. Далее, необходимо подчеркнуть, что исчерпывающий в смысле квантовой физики отчет о всех непрерывно обменивающихся атомах живого организма, не только невозможен, но, очевидно, потребовал бы таких условий наблюдения, которые несовместны с проявлением жизни.

Однако поучение, касающееся того, какую роль играют орудия наблюдения в определении элементарных физических понятий, дает ключ к логическому применению таких понятий, как целесообразность, которые чужды физике, но так прекрасно приспособлены к описанию органических явлений. В самом деле, если иметь это в виду, то будет очевидно, что взгляды, называемые механистическими и финалистическими, не представляют противоречащих друг другу точек зрения на биологические проблемы, а скорее подчеркивают взаимно исключающий характер условий наблюдения, одинаково необходимых для наших поисков все более полного описания жизни. Здесь, конечно, речь идет не об объяснении такого типа, как описание работы простых механических конструкций на основе классической физики или как описание действий сложных электронных счетных машин. Предмет нашего обсуждения — расширение того анализа предпосылок и области применимости понятий, служащих для передачи опыта, который стал характерной чертой новейшего развития физики.

Если не считать различий в условиях наблюдения, словесная передача биологических опытных данных содержит не больше ссылок на субъективного наблюдателя, чем описание опыта физического. Таким образом, до сих пор не было надобности входить в подробности тех условий наблюдения, которые характерны для отчета о психологических явлениях. Но для этих последних мы уже не можем полагаться на систему понятий, выработанную для нашего ориентирования в неживой природе. Однако сознательный опыт запоминается, и потому он должен быть связан с остаточным изменением конституции организма. Этот факт заставляет думать о сходстве между психическими опытами и физическими наблюдениями. Что касается зависимости между разными видами сознательного опыта, то тут мы тоже встречаем черты, напоминающие условия для связного описания атомных явлений. Богатый словарь, которым мы пользуемся при описании нашего душевного состояния, как раз и подразумевает типично дополнительный метод описания, соответствующий непрерывному изменению того предмета, на котором сосредоточено внимание.

Механистический метод описания потребовал расширения, чтобы можно было охватить неделимость атомных явлений. Подобно этому, цельность живого организма и единство личности, конечно, ставят нас лицом к лицу с необходимостью дальнейшего обобщения той основы, на которой возможно рациональное использование наших средств общения. В этом отношении надо подчеркнуть, что необходимое для однозначного описания разграничение между субъектом и объектом сохраняется и здесь. Это достигается тем, что в каждом сообщении, содержащем ссылку на нас самих, мы, так сказать, вводим новый субъект, не являющийся предметом нашего сообщения. Едва ли нужно особо подчеркивать, что именно эта свобода выбора линии разграничения субъект—объект и освобождает место для многообразия сознательных явлений и богатства человеческой жизни.

Та точка зрения на общие проблемы познания, к которой привело нас развитие физики в этом столетии, существенно отличается от подхода к таким проблемам во времена Стенсена. Однако это не значит, что мы сошли с того пути к обогащению наших познаний, по которому он шел с таким большим успехом; мы только ясно поняли, что стремление к красоте и гармонии, которое отличало деятельность Стенсена, требует неуклонного пересмотра предпосылок и степени общности понятий, использованных в качестве средств общения.