

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ФИЛОСОФИИ

ИНСТИТУТ ИСТОРИИ, ФИЛОЛОГИИ И ФИЛОСОФИИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Г. А. СВЕЧНИКОВ

ПРИЧИННОСТЬ
И СВЯЗЬ
СОСТОЯНИЙ
В ФИЗИКЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1971

На основании новейших данных физики автор делает ряд интересных теоретических выводов. В книге раскрывается структура причинных связей, их необходимость и всеобщность, соотношение причины и следствия во времени, причинность и связь состояний в теории относительности, квантовой механике, физике элементарных частиц. Дается критика позитивистских теорий причинности.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из самых фундаментальных философских проблем, обсуждающихся на протяжении всей истории философии и естествознания, является проблема причинности. Будучи такой же древней, как философия и наука, эта проблема вместе с тем является вечно молодой, всегда привлекающей к себе внимание исследователей. Секрет вечной молодости этой проблемы состоит в ее тесной связи с естествознанием, практикой, нуждами и перспективами их развития.

Каждый значительный шаг в развитии науки, в особенности в развитии физики, изучающей широкие, фундаментальные проблемы мироздания, вносит новые моменты в обсуждение этой проблемы, выдвигает на первый план те или иные ее стороны, дает новый материал для уточнения, развития и переоценки тех или иных аспектов концепции каузальности.

Особое оживление обсуждения проблемы причинности происходило в переломные периоды развития науки. Так было при переходе от физики Аристотеля к физике Ньютона, при создании классической электродинамики, возникновении и развитии классической статистической физики, при переходе от классической механики к релятивистской теории Эйнштейна.

Но особенно остро проблема причинности стала обсуждаться с 20—30-х годов текущего века, когда были заложены основы квантовой механики, занимающейся изучением закономерностей движения частиц атомного масштаба.

Новейшая физика вскрыла «дикий» мир, по словам В. И. Ленина, свойства электрона и других микрочастиц, для адекватного описания которых необходимы, как было сказано позднее Н. Бором, «сумасшедшие» идеи.

Оказалось, что микрочастицы вследствие своей малости не могут быть непосредственно наблюдаемы при по-

мощи органов чувств человека, для их описания в макроскопических терминах необходимо диалектическое сочетание корпускулярных и волновых представлений; микрообъекты не могут находиться в состоянии, в котором одновременно имели бы определенное значение координаты и импульсы, энергия и время и т. д. В описании взаимодействия элементарных частиц в отличие от макроскопических взаимодействий существенную роль играет представление о виртуальных процессах.

Успехи в исследовании физики микромира, обнаружение «странностей» в поведении микрочастиц, в их связях и взаимодействии со всей необходимостью выдвинули на передний план проблему причинности, суть которой состоит в выяснении следующих вопросов: в каком отношении находятся экспериментальные данные и теоретические представления современной физики к различным философским концепциям каузальности, какие новые данные поставляет современная физика для конкретизации и развития теории причинности, какое методологическое значение имеет диалектико-материалистический принцип причинности в познании физических явлений.

В конце 20-х годов XX в. такие ведущие физики современности, как Н. Бор, В. Гейзенберг, М. Борн и другие ученые, принимавшие непосредственное участие в создании и развитии квантовой теории, показали, вообще говоря, невозможность однозначного описания поведения индивидуальных микрообъектов в рамках разрабатываемой ими теории. Отождествив понятие причинности с детерминизмом классической механики, Бор и Гейзенберг пришли к выводу о несовместимости квантовой теории «с самой идеей каузальности»¹.

Эти выводы встретили резкое возражение со стороны таких выдающихся ученых, как М. Планк, А. Эйнштейн, П. Ланжевен, Луи де Бройль и другие, которые видели в отрицании причинной обусловленности микропроцессов тенденции, противоречащие всему духу и содержанию науки. Вскоре в дискуссию по вопросу о причинности в физике включились философы как материалистического, так и идеалистического направления.

Обсуждение проблемы причинности продолжается с наименьшей остротой на страницах физической и философ-

¹ «Science», 1950, 111, № 2873, p. 51.

ской литературы и в настоящее время. В процессе дискуссий возникают новые вопросы, выдвигаемые дальнейшим развитием квантовой теории, в том числе вопросы об особенностях взаимодействия в микромире, о возможности изменения временного соотношения причины и следствия, о месте статистических методов в описании микропроцессов, о соотношении макро- и микропричинности и т. д.

Острота этих обсуждений обуславливается прежде всего насущными нуждами физики и философии.

Развитие физики существенным образом зависит от правильного решения вопроса о характере причинных связей в микромире. Если в микромире неприменимо или ограничено применимо понятие причинности, с которым оперирует макроскопическая физика, то было бы ошибочно навязывать микрофизике это понятие. Но был бы нанесен огромный ущерб науке, если бы на основе этого стали вовсе отрицать связь и взаимообусловленность микропроцессов и все дело науки так или иначе сводить к описанию явлений. Правильное философское освещение проблемы причинности способствует развитию науки, помогает ориентироваться в сложной ситуации, возникшей в современной физике — и прежде всего в физике элементарных частиц.

Обсуждение проблемы причинности в физике имеет большое значение для конкретизации и развития диалектико-материалистической концепции каузальности. Слова Ф. Энгельса о том, что «с каждым составляющим эпоху открытием даже в естественно-исторической области материализм неизбежно должен изменять свою форму»², полностью относятся и к теории каузальности.

По проблеме причинности существует обширная литература (может быть, даже более богатая, чем по проблеме объективной реальности). Только за последнее десятилетие опубликованы десятки монографий, сотни и сотни статей. Обсуждению этой проблемы много внимания уделяли в своих философских работах А. Эйнштейн, Н. Бор, В. Паули, Э. Шредингер, М. Борн, продолжают активно обсуждать ее Луи де Бройль, В. Гейзенберг, П. Дирак и др. Значительное место проблема причинности занимает в работах М. Бунге, Б. Рассела, Г. Рейхенбаха, Ф. Франка,

² Ф. Энгельс. Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии.— К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 24, стр. 286.

Е. Кассирера, Р. Карнапа, Г. Моргенау, К. Поппера, Е. Нагеля, П. Феврие и других. Она рассматривается также в работах В. Краевского, З. Августина (Польша), А. Поликарова, Х. Христов, Г. Братоева (Болгария), Г. Клауса, Г. Крабера, Г. Херца (ГДР), Л. Яноши (Венгрия), К. Маре (Румыния) и др.

В советской литературе за последние годы по вопросу причинности опубликованы философские работы физиков В. А. Фока, В. С. Барашенкова, В. Б. Берестецкого, Д. И. Блохинцева, С. В. Вонсовского, А. А. Тяпкина и других; философов — С. Ш. Авелиани, Л. Б. Баженова, В. П. Бранского, В. С. Готта, Б. М. Кедрова, И. В. Кузнецова, В. И. Купцова, К. И. Ивановой, В. М. Моллакова, М. Э. Омеляновского, М. А. Парнюка, Ю. В. Сачкова, Р. С. Сейфуллаева и др.

Заметным событием в жизни советской философской общественности был выход в свет коллективного труда «Проблема причинности в современной физике» (М., 1960) под редакцией И. В. Кузнецова, Н. Ф. Овчинникова и М. Э. Омеляновского. В этой книге и других работах советских авторов анализируется понятие причинности, критически разбираются индетерминистические концепции в квантовой механике, выясняется физический смысл и философское значение соотношений неопределенностей и принципа дополнительности, рассматривается природа статистического характера квантовой механики, соотношений статистических и динамических законов физики, причинности и функциональной связи.

Автор данной монографии свою главную задачу видит в том, чтобы на основе принципов материалистической диалектики обсудить то новое, что дает современная физика для конкретизации и развития философской концепции каузальности, показать методологическое значение категории причинности и связи состояний для познания физических явлений, критически проанализировать индетерминистические концепции в физике и философии.

На основе философского анализа, экспериментальных данных и теоретических представлений современной физики автор пытается обосновать: различие и единство понятий причинности и связи состояний, имеющих, по его мнению, общеметодологическое значение; необходимость обобщения причины как понятия, отражающего взаимодействие частей, внешнего и внутреннего; наличие двух

противоположных тенденций в изменении соотношения между необходимостью и случайностью при переходе от макромира к микромиру. Автор пытается также уточнить вопрос о временном соотношении причины и следствия. Он показывает, что в случаях опосредованного причинения начало причины предшествует началу возникновения следствия, в случаях же непосредственного причинения начало причины совпадает с началом следствия, конец действия причины совпадает с концом становления следствия.

В работе осуществлена также попытка показать эвристическую роль принципа причинности и категории связи состояний в возникновении и становлении квантовой теории, в экспериментальном и теоретическом исследованиях элементарных частиц.

Автор весьма признателен сотрудникам Сектора философских проблем естествознания Института философии АН СССР за критические замечания и плодотворные дискуссии. Большую помощь в работе над книгой оказали обсуждения проблемы причинности на методологических семинарах физиков и философов, а также замечания по работам автора, касающимся проблемы причинности³.

Ряд ценных замечаний по проблеме детерминизма в физике сообщили автору академики С. Т. Беляев, С. В. Вонсовский, член-корреспондент АН СССР М. Э. Омеляновский, доктора физико-математических наук В. С. Барашенков, В. Н. Байер, Н. Ф. Нелипа, М. И. Подгорецкий, доктор философских наук В. С. Готт, кандидат физико-математических наук Г. А. Лобов, кандидат философских наук Ю. В. Сачков.

³ См.: Ж. П. Вижье. К вопросу о теории поведения индивидуальных микрообъектов.—«Вопросы философии», 1956, № 6; Л. И. Сторчак, Г. А. Свечников. Категория причинности в физике.—«Вестник Академии наук СССР», 1962, № 3; А. З. Голик, А. З. Шугайлин. Важная философская проблема современной физики.—«Вопросы философии», 1962, № 7; А. Соколов. Новая книга о причинности в физике.—«Философские науки», 1962, № 6; О. М. Волосевич, В. И. Корюхин. Новая книга о причинности в физике.—Там же; С. Е. Чеснокова. Важная проблема естествознания.—«Природа», 1962, № 5; Л. Б. Баженов. Проблема причинности.—Сб. «Философия естествознания». М., 1966; Ph. M. Tilden. Comment on the Svetchnikov article.—«Political Affairs» (N. Y.), 1955, 34, № 11; L. Tondl. Novy Myslenky k problemu couzality ve fisice.—«Filosofeny casopis», 1963, № 1; C. Mare. O monografie voloroasa despre categoria cauzalitatii in fizica.—«Cercetori Filozofice», 1962, № 2; L. Shobowski. Przyczynek do marksis towskies przyezynowosci.—«Studia Filozoficzne», 1966, № 2, и др.

РАЗВИТИЕ ПОНЯТИЯ ПРИЧИННОСТИ В ДОМАРКСИСТСКОЙ ФИЛОСОФИИ

Возникновение и развитие идеи причинности в науке древних

Обсуждение проблемы причинности зависит не только от естественнонаучных представлений, но и от понимания самой концепции каузальности. Сама концепция каузальности имеет длительную, многовековую историю развития. «Тысячелетия прошли с тех пор, как зародилась идея „связи всего“, „цепи причин“. Сравнение того, как в истории человеческой мысли понимались эти причины, дало бы теорию познания бесспорно доказательную...»¹ Это замечание В. И. Ленина побуждает нас проследить за развитием понятия причинности в истории домарксистской философии, прежде чем переходить к изучению проблемы причинности в современной физике.

Понятия причинности, связи возникали и развивались в процессе практической и познавательной деятельности человечества. Повседневная практическая, производственная деятельность и успехи познавательной работы приводили людей не только к убеждению, что предметы, явления существуют объективно, реально, но и к пониманию того, что они связаны, зависят и обуславливают друг друга. Производя материальные блага, необходимые для своего существования, вступая в определенное взаимодействие с природой, люди не только наблюдали то, что за одними явлениями следуют другие явления, но и убеждались в том, что они могут произвести эти другие явления на основе первых явлений. Добиваясь желаемых эффектов на основе определенных явлений, люди убеждались, что между этими явлениями и получаемыми эффектами существует не простая последовательность во времени, а внутрен-

¹ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 311.

няя необходимая связь: эти явления необходимо производят данные эффекты.

В процессе трудовой деятельности человек убеждался, что ударом палки можно убить животное, топором — срубить дерево, натянутой тетивой лука — привести в движение стрелу, трением — добиться нагревания тел и т. п. Анализ и обобщение этих и подобных им результатов практической деятельности неизбежно приводили людей к идее о причинной связи явлений.

Сознательная мысль о том, что некоторые явления есть причины другого явления, по-видимому, предшествует мысли о том, что всякое явление имеет свою причину. Очевидно, что прежде всего должен быть понят смысл причинного отношения и лишь затем мыслиться и утверждаться его всеобщность. По мере расширения своей практической деятельности человек шаг за шагом, на основе обобщающего мышления пришел к выводу о всеобщности причинных связей: каждое явление порождается определенными причинами, одни и те же причины порождают одинаковые явления.

В процессе развития науки и практической деятельности людей происходило изменение, развитие понятий причины и следствия. Каждая новая историческая ступень в развитии науки и производства вносила свои уточнения, изменения, углубления в понимание причинности, асимптотически приближающейся к полному, точному отображению причинных связей, адекватному самой объективной действительности.

Истоки понятия причинности уходят далеко в глубь веков человеческой истории. В философских системах древнего Востока осуществлены первые попытки выразить причинные, закономерные связи явлений реальной действительности в философских категориях. Так, в древнем Египте в зачаточной форме уже ставился вопрос о материальной первопричине явлений природы. Постановка этого вопроса предполагает существование чего-то, что производит, причиняет явления природы. В некоторых древнегреческих памятниках встречается упоминание о прохладной воде, которая произвела все вещи, в том числе и живые организмы, а также о воздухе, заполняющем пространство и «пребывающем во всех вещах»².

² Цит. по книге: «История философии», т. 1. М., 1957, стр. 40.

В Индии зачатки представлений о причинных, закономерных связях явлений природы относятся к IX—II вв. до н. э., когда происходило формирование материалистических течений и начиналась их борьба против идеализма. В древнем Китае идея о закономерном изменении движений вещей развивалась в философском учении, известном под названием «Дао-Дэ-цзин» (IV—III вв. до н. э.). Основная мысль этого произведения состоит в утверждении, что развитие природы и людей определяется не волей неба, а законом Дао, который вносит порядок в хаос вещей. Дао существует независимо от людей и представляет собой «глубокую основу всех вещей»³.

По учению древнегреческого философа Фалеса (ок. 624—547 гг. до н. э.) материальное начало — вода, являющееся первоосновой вещей, существует вечно, меняется лишь состояние этой основы, порождая различные вещи. В учении о воде как вечной, неисчезающей первооснове всех вещей содержалась чрезвычайно важная и плодотворная идея о том, что развитие природы, вещей представляет собой ряд последовательных переходов материи (воды) из одного состояния в последующие.

На основе целого ряда свидетельств можно утверждать, что Фалес при объяснении явлений природы исходил из признания существования причинной связи в самих вещах, явлениях. Так, разлив Нила, утверждал он, происходит потому, что течение его задерживают пассатные ветры; затмение Солнца происходит вследствие того, что его заслоняет Луна; землетрясения происходят потому, что землю качает, как корабль на море во время бури. При объяснении явлений Фалес неявно опирался на признание того, что в природе существует такая связь явлений, когда одно явление производит другое.

Последователь Фалеса Анаксимандр (ок. 610—546 гг. до н. э.) за первооснову всего существующего принимал «апейрон», т. е. неопределенную беспредельную материю. «Апейрон» содержит в себе противоположности, выделение и взаимодействие которых вызывает разные материи, переход ее от одного состояния к другому.

В развитии материи он выявлял, следовательно, два рода отношений: связь состояний и взаимодействие, обуславливающее переход материи от одного состояния к

³ «История философии», т. 1, стр. 64.

другому. Связь состояний, ступеней развития материи выражает порядок, последовательность, закономерность изменения во времени. Переход материи от одного состояния к другому порождается борьбой противоположных начал, находящихся в скрытом виде в едином «апейроне». Философ особо подчеркивал необходимый характер процесса развития материальных вещей, перехода их из одного состояния в другое. «Все возникающее должно необходимо возникнуть...» ⁴

Анаксимандр считал, что причина развития Вселенной лежит внутри самой Вселенной, боги же не принимают никакого участия ни в создании, ни в процессе развития Вселенной. Вечное, несотворимое и неуничтожимое движение материи является единственной причиной возникновения, развития и уничтожения миров. «Анаксимандр, друг Фалеса, утверждал, что в беспредельном (*ἄπειρον*) заключаются всяческие причины всеобщего возникновения и уничтожения. Из него, говорит он, выделились небеса и вообще миры, число которых бесконечно...» ⁵

Ученик Анаксимандра Анаксимен (ок. 588—525 гг. до н. э.) первоосновой существующего считал безграничную, единую, вечно движущуюся материю-воздух. Движущаяся материя проходит в своем изменении следующие ступени: огонь, воздух, ветры, облака, вода, земля, камни. Воздух, входящий в этот ряд ступеней развития материи, очевидно, не тождествен, по Анаксимандру, его первоначалу, воздуху-материи. Переход от одной ступени развития материи к другой, от одного состояния к другому обусловлен сгущением или разряжением воздуха, т. е. взаимодействием противоположных тенденций, содержащихся внутри материи-воздуха.

Милетским философам-материалистам уже было ясно, что для того, чтобы объяснить возникновение и развитие мира, исходя из естественных причин, не прибегая к надприродным силам, необходимо признать, во-первых, несотворимость и неуничтожимость материи, являющейся субстратом всех природных процессов; во-вторых, признать, что причина, источник движения и развития природы лежит внутри самой природы, причем этот источник

⁴ См. *Аристотель*. Физика. М., 1937, стр. 14.

⁵ *Псевдо-Плутарх*. *Stromata*, 2 (цит. по «Истории философии», т. 1, стр. 36).

может быть лишь взаимодействием естественных сил: природа — причина самой себя.

Главное внимание Милетская школа, как и все древнегреческие философы, обращала на построение картины мира в целом, а не на опытное изучение частных, отдельных явлений. Поэтому у них речь шла прежде всего не о причинах конечных явлений, а о первопричинах мира, о причинах его движения и развития. Для того чтобы прийти к представлению о причинной связи между вещами, ее сущности и всеобщем характере, необходимо было «познавать... частности..., вырывать их из их естественной или исторической связи и исследовать в отдельности по ее свойствам, по ее особым причинам и следствиям и т. д.»⁶. Эта задача занимала у древних греков лишь второстепенное место, потому что они не имели достаточно го количества естественнонаучных фактов.

Развитием материализма милетских философов явилось учение Гераклита (ок. 544—ок. 483 гг. до н. э.). В основе всеобщего круговорота явлений природы, говорил он, лежит некоторый материальный субстрат — огонь, переходящий из одного состояния в другое. Ему принадлежит догадка о борьбе противоположностей как об источнике, причине движения, развития. «Враждующееся соединяется, из расходящихся — прекраснейшая гармония, и все происходит через борьбу»⁷; «все происходит через борьбу и по необходимости»⁸. Гераклит считал, что всякое событие, изменение, движение есть необходимый результат борьбы противоположностей. Борьба противоположностей с необходимостью порождает все изменения в природе. Между борьбой противоположностей и соответствующими процессами существует необходимая генетическая связь. Борьба противоположностей, по Гераклиту, — естественная внутренняя причина, необходимо порождающая всякие события в природе.

Развитие Вселенной Гераклит представлял в виде последовательного прохождения разных состояний, причем предыдущее состояние с необходимостью переходит в последующее, которое в свою очередь с необходимостью порождает третье состояние. Это была догадка о закономер-

⁶ Ф. Энгельс. Анти-Дюринг.— К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 20.

⁷ «Материалисты древней Греции». М., 1955, стр. 42.

⁸ Там же, стр. 48.

ном развитии Вселенной как необходимой связи состояний одной и той же материи. Необходимость, по Гераклиту, — всеобщий закон, создающий все сущее из «противоположных» начал. «Хотя этот логос, — учит он, — существует вечно, люди не понимают его прежде, чем услышат о нем... Ведь все совершается по этому логосу, а они уподобляются невеждам, когда приступают к таким словам и таким делам, какие я излагаю, разделяя каждое по природе и разделяя по существу. От остальных же людей скрыто то, что они делают, бодрствуя, точно так же как они свои сны забывают»⁹.

Логос, закон развития Вселенной, учил Гераклит, вечен, как вечно существует Вселенная, не созданная никем из богов и людей. Все явления происходят по этому общему закону. Однако представление философа о закономерном движении Космоса было ограниченным. Он полагал, будто природа в своем развитии проходит замкнутый круг и в конце концов возвращается в свое первоначальное состояние. Гераклит был далек от идеи прогрессивного, поступательного развития Вселенной от низшего к высшему, от одного качественного состояния к другому качественному состоянию. Герцен правильно замечает о «белищем колесе жизни» Гераклита, у которого намечалось учение о циклическом развитии природы.

Впервые в древнегреческой философии в явной и определенной форме высказал мысль о всеобщности понятия причинности Левкипп (ок. 500—440 гг. до н. э.). «Ни одна вещь, — утверждал он, — не возникает беспричинно, но все возникает на каком-нибудь основании и в силу необходимости»¹⁰. В этих словах был выражен итог многовековой деятельности человечества, познания, основанного на практическом отношении человека к природе. Идея Левкиппа о причинности, необходимости нашла дальнейшее развитие и обоснование в учении Демокрита (ок. 460—370 гг. до н. э.).

Развиваемый Левкиппом и Демокритом взгляд на причинность, закономерность неразрывно связан с развиваемой ими атомистической теорией, в основе которой лежит не только признание материальности внешнего мира, но и существования объективных причин, законо-

⁹ Там же, стр. 41.

¹⁰ Цит. по кн.: А. О. Маковельский. Древние атомисты, стр. 208.

мерных связей. Принцип причинности Левкиппа — Демокрита является одним из краеугольных камней их атомистической теории. При этом Демокрит подчеркивал не только онтологический аспект понятия причинности, но и сознавал огромное гносеологическое значение его. Как известно, он говорил, что «предпочел бы найти одно причинное объяснение, нежели приобрести себе персидский престол»¹¹.

Представление об атомах явилось результатом поисков реальных оснований для объяснения устойчивости и изменчивости бытия. Ведь, согласно Пармениду, истинный мир неизменяем и неподвижен, а наблюдаемое изменение, движение есть лишь видимость. Гераклит же учил, что в мире нет ничего неизменного, постоянного, неподвижного и «что все течет и изменяется». Идея Левкиппа — Демокрита об атомах явилась «по существу синтезирующей мыслью, разрешавшей противоречие между изменчивостью и постоянством природы»¹². Атомы, представляющие собой мельчайшие, неделимые частицы вещества, находятся в вечном движении в пустом бесконечном пространстве. Они, как и их движение, существуют вечно. Атомы никем не созданы и не могут быть уничтожены ни богом, ни людьми. Отличаются атомы положением в пространстве, формой и порядком, но качественно они неразличимы друг от друга. Всевозможные сплетения, столкновения, расхождения атомов производят, порождают все тела и их состояния.

Взаимодействие атомов — причина возникновения, движения, гибели конечных вещей. Это была весьма глубокая и плодотворная идея. Она горячо обсуждалась на протяжении всей истории философии и естествознания и продолжает обсуждаться в современной науке. Только идя по пути такого понимания причинного отношения, можно последовательно материалистически объяснить движение, развитие природы как результат действия внутренних причин.

Следует, однако, подчеркнуть, что концепция взаимодействия у Демокрита в общем носила механистический характер. Он считал, что все природные процессы можно исчерпывающе объяснить, исходя из представлений о ме-

¹¹ «Материалисты древней Греции», стр. 70.

¹² См. С. И. Вавилов. Собрание сочинений, т. 3, стр. 44, 45.

ханическом взаимодействии атомов, отличающихся друг от друга лишь формой и механическим движением. Жизнь, психические явления, по Демокриту, также являются результатом разнообразных сочетаний неизменных частиц.

Но, несмотря на известный механицизм, обусловленный в конце концов низким уровнем развития науки и практики того времени, представление Демокрита о природных явлениях, в том числе биологических и психических, как закономерных процессах, вызываемых взаимодействием материальных частиц, имело огромное прогрессивное значение и оказало плодотворное влияние на все последующие развития материалистической философии и естествознания.

Нельзя не заметить, что идея Левкиппа — Демокрита о возможности объяснения наблюдаемых макроскопических процессов путем признания взаимодействия огромного числа маленьких частиц есть неявно выраженная первоначальная мысль о статистических закономерностях, лежащих в основе всех макроскопических процессов. Если макроскопически ощутимые процессы являются результатом взаимодействия огромного числа отдельных мелких процессов, то, по-видимому, можно предположить, что закономерности процессов на макроскопическом уровне есть результат действия статистических закономерностей на микроскопическом уровне. Хотя сам Демокрит таких выводов еще не делал, однако идея о статистических закономерностях как закономерностях движения огромного числа атомов неявно содержалась в его атомистической концепции.

Если с точки зрения микроскопической причинами, вызывающими движение, изменения конечных вещей, по Демокриту, являются взаимодействия неизменных атомов; то с точки зрения макроскопической он допускает представление о причинности, как внешнем механическом воздействии одного макроскопического тела на другое. «Причиной же того, что был разбит череп лысого, он считал орла, сбросившего черепаху, чтобы разбить ее скорлупу»¹³.

В этом примере причинное отношение, рассматриваемое с макроскопической точки зрения, представляется

¹³ «Материалисты древней Греции», стр. 68.

как связь между воздействием одного тела на другое и изменение этого другого тела. Но это же самое явление с точки зрения микроскопической, если быть последовательным, Демокрит объяснил бы взаимодействием соответствующей совокупности атомов.

Совокупность всех существующих атомов образует, по Демокриту, мир, Вселенную. Сочетание, взаимодействие атомов с необходимостью обуславливает переход мира от одного состояния к другому, от прошлого к настоящему, от настоящего к будущему, причем этот переход происходит так, что прошлое с необходимостью определяет всю судьбу мира в будущем. Необходимость, по Демокриту, — это судьба (фатум), предопределяющая развитие всего существующего. Причем наряду с признанием причинных отношений, обуславливающих движение мира, у него имелись догадки о необходимой связи состояний развивающейся Вселенной, что позднее было обобщено в понятии лапласовского детерминизма.

Большое значение для всей системы Демокрита, а также для дальнейшего развития идеи причинности и закономерности имеет проблема соотношения случайности и необходимости. Случайным он называет явление, возникшее без причины. Но так как все явления в природе обусловлены, то в ней не существует случайных событий. Случайность, по Демокриту, субъективное понятие, выражающее человеческое незнание: «Люди измыслили идол [образ] случая, чтобы пользоваться им как предлогом, прикрывающим их собственную нерассудительность»¹⁴. Все события вызываются определенными причинами, случайности в природе нет.

Такой взгляд на случайность характерен для всей последующей истории механического материализма и находит довольно широкое распространение во взглядах значительной части современных естествоиспытателей и философов. Непонимание случайности как формы проявления и дополнения необходимости является одним из гносеологических корней индетерминистических концепций в современном естествознании вообще и в современной физике в особенности.

С критикой взглядов Демокрита на случайность выступил материалист, атомист Эпикур (341 — 270 до н. э.).

¹⁴ «Материалисты древней Греции», стр. 69.

Отрицание объективной случайности, говорил он, есть такой же фатализм, как вера в божественное предопределение. Атомы при падении в пустоте отклоняются от прямолинейного движения в сторону без всякого внешнего принуждения. К этому выводу он пришел на основе предположения, что различные атомы падают в пустоте по параллельным прямым с одинаковой скоростью. Но если атомы двигаются с одинаковой скоростью, то они всегда по отношению друг к другу будут находиться на одинаковом расстоянии и столкновения между ними не могли бы происходить. Отсюда следует вывод, что при падении атомы должны спонтанно отклоняться от прямолинейного пути, в результате чего происходят их столкновения и на основе этого — образование вещей. Эпикур вводит в атомистическую концепцию элемент случайности, не обусловленный внешними причинами.

Спор Эпикура с Демокритом по поводу отклонения атомов от прямолинейного пути при падении их в пустоте предвосхищает современные дискуссии в физике и философии по поводу причинной обусловленности различного поведения микрочастиц, находящихся в макроскопически одинаковых условиях.

Взгляды древних греков на причинность, закономерность обобщил и развил дальше Аристотель (384—322 до н. э.), являющийся «величайшим мыслителем древности» (*К. Маркс*). В основе его взглядов на причинность лежит его учение о материи и движении. «Я называю материей, — писал он, — первое подлежащее каждой вещи, из которого возникает какая-нибудь вещь»¹⁵.

Материя, по Аристотелю, — это субстрат всех вещей. Без материи нет вещей и внешнего мира, но и сама материя не существует отдельно, самостоятельно, вне вещей. Материя существует вечно, она несоздаваема и неуничтожима. Сама по себе материя косна и неподвижна и нуждается в действии на нее активного начала, которым является форма. Материя есть лишь возможность, а не действительность. Действительностью она становится в результате воздействия на нее формы. Глыба мрамора, например, представляет собой возможность статуи, а поэтому по отношению к последней представляет мате-

¹⁵ Аристотель. Физика. М., 1937, стр. 27.

рию. В статuae возможность, заключенная в куске мрамора, актуализируется, превращается в действительность.

Определив материю как субстрат, как нечто неоформленное, Аристотель ведущее значение во взаимодействии между материей и формой придает не материи, а форме. Он допускает, что форма предшествует материи. Архитектор, строящий дом, заранее имеет план конструкции, т. е. форма предшествует оформлению материи. Этот взгляд, распространенный на развитие всей природы, приводит Аристотеля к понятию «формы всех форм» — богу. Философия, не видящая внутреннего источника развития материи, неизбежно прибегает к понятию сверхъестественной силы для объяснения движения. Аристотелевское понимание материи и движения легло в основу его учения о четырех родах причин: материальной, формальной, производящей и конечной.

1. Материальная причина (*causa materialis*), или материя. «Причина в одном смысле обозначает входящие в состав вещи <материал>, из которого вещь возникает, — каковы, например, люди для статуи и серебро для чаши, а также их <более общие> роды»¹⁶.

2. Формальная причина (*causa formalis*), или форма. «В другом случае так называется форма и образец, иначе говоря, понятия сути бытия и <более общее> роды этого понятия (например, для октавы — отношение двух к одному и вообще число), а также части, входящие в состав <такого> понятия»¹⁷.

3. Производящая причина (*causa efficientes*). «Далее, причина — это источник, откуда берет первое свое начало изменение или успокоение: так, например, человек, давший совет, является причиной, и отец есть причина ребенка, и вообще то, что *делает*, есть причина того, что *делается*, и то, что *изменяет*, — *причины того, что изменяется*)»¹⁸.

4. Конечная причина (*causa finalis*), или цель. «Кроме того, о причине говорится в смысле цели; о цели — это то, ради чего, — например, цель гуляния — здоровье. В самом деле, почему <человек> гуляет, говорим мы.

¹⁶ Аристотель. Метафизика. М. 1934, стр. 79.

¹⁷ Там же,

¹⁸ Там же (курсив мой. — Г. С.).

Чтобы быть здоровым. И сказавши так, мы считаем, что указали причину»¹⁹.

Большое значение в аристотелевской философии имеет учение о материальной и формальной причинах, позднее неоднократно обсуждавшееся в истории философии. Глыба мрамора, из которой сделана эта статуя, представляет собой по отношению к последней материальную причину. Глыба является материальной причиной статуи постольку, поскольку в ней содержится некоторый материальный субстрат, который целиком переносится из глыбы в статую. Материальная причина выражает тождественное в содержании двух вещей, генетически связанных друг с другом. Формальная причина выражает различие форм этих вещей. Формы глыбы отличаются от формы статуи, в первой лишь содержится возможность второй формы, которая актуализируется, из возможного превращается в действительность в результате творческой деятельности скульптора.

Аристотелевская концепция материальной причины допускает, что материальный субстрат, заключенный в данной вещи, содержит в себе возможность принять любую форму из бесконечного числа форм, которые имеют вещи тождественного материального содержания. Так, кусок глины содержит в себе возможность стать кирпичом, кувшином, статуей, шаром, цилиндром и т. д. и т. п. В действительности же реализуется одна из этого бесконечного числа возможностей. Реализация этой возможности зависит от воздействия на материальный субстрат формы. Таким образом, активная роль формы состоит в том, что она из всего ансамбля возможных форм материального субстрата выбирает и реализует в действительности лишь одну форму.

Аристотелевское учение о материальной причине как возможности для становления вещи с новой формой содержит в себе, таким образом, в зародыше черты более позднего учения о вероятности. Нельзя не согласиться с утверждением Гейзенберга, что «понятие вероятности тесно связано с понятием возможности („потенции“) в натуральной философии таких античных философов, как Аристотель, оно является в известном смысле превраще-

¹⁹ Там же.

нием старого понятия „потенции“ из качественного представления в количественное»²⁰.

Аристотель понимал, что причинность носит всеобщий характер. Ничто в мире не происходит беспричинно. Все имеет свои причины.

Причинность, по Аристотелю,— это не только онтологическая, но и гносеологическая категория. Главная задача познания состоит в рассмотрении причин явлений. «Рассмотрение <причины>, почему есть <данная вещь>, есть главное в знании»²¹.

Большое значение имело учение Аристотеля о соотношении необходимых и случайных причин. В учении Демокрита, отрицавшего объективность случайности, Аристотель справедливо видел опасность фатализма. «Уничтожение случая,— предупреждал он,— влечет за собой нелепые последствия... Если в явлениях нет случая, то все существует и возникает из необходимости, тогда не пришлось бы ни совещаться, ни действовать для того, чтобы, если поступать так, было бы одно, а если иначе, то не было бы этого»²². В природе существуют как необходимые, так и случайные явления. Все явления, как необходимые, так и случайные, причинно обусловлены.

Под случайным философ понимает явления, которые вызываются побочной причиной, не вытекающей из внутренней природы явлений. Он ищет специфику природы случайности не в области субъективного, как это делали древнегреческие философы до него, а в области объективного, среди тех связей, которые производят это явление. Однако в понимании природы случайного Аристотель не был последовательным. Он считал, что случайные явления могут быть лишь в области сознательной практической деятельности людей. «Предметы, неспособные к действию, не могут производить чего-либо случайного. Поэтому ни воодушевленные существа, ни зверь, ни ребенок ничего не делают случайно, так как у них нет способности выбора»²³.

Случайное, по Аристотелю, имеет место тогда, когда у деятельного существа имеется несколько реальных возмож-

²⁰ Сб. «Нильс Бор и развитие физики». М., 1958, стр. 24.

²¹ Аристотель. Аналитики. М., 1952, стр. 240.

²² Аристотель. Об истолковании. СПб., 1891, стр. 30, 31.

²³ Аристотель. Физика, стр. 40.

ностей и при этом выбирается лишь одна из возможностей по усмотрению этого существа. Выбор возможностей причинно обусловлен, но обусловлен причинами побочными, внешними по отношению к самому предмету. Необходимость — это слепая неотвратимая сила, то, что не может иначе, то, что не зависит от выбора действующего существа. «Принято считать, — писал он, — что необходимость нельзя переубедить, <принято> справедливо, ибо она идет наперекор движению, происходящему по выбору и согласно разумному рассуждению»²⁴. Необходимость противопоставляется свободному выбору разумного существа, она есть то, что обязательно осуществляется независимо от поступка действующего человека.

В учении Аристотеля о причинности наиболее ярко сказалась непоследовательность философа, его колебание между материализмом и идеализмом, диалектикой и метафизикой. С одной стороны, его учение о материальной и действующей причинах в основе своей материалистично и сыграло положительную роль в развитии философии и естествознания. С другой стороны, представление о материи как о пассивной, инертной субстанции, неспособной к самодвижению, привело Аристотеля в конце концов к признанию бога как первого двигателя. Перводвигатель (бог), будучи сам неподвижным, вызывает все природные процессы и потому является не только универсальной формой, целью, но и действующей причиной.

Аристотелевское учение о формальной и конечной причинах было использовано средневековыми схоластами для борьбы против материалистической идеи об естественной причинности, закономерности, для обоснования необходимости существования сверхъестественного существа, управляющего движением всего мира.

Учение о причинности в материалистической философии XVII века

В XVII—XVIII вв. интересы становления и развития буржуазного способа производства требовали быстрого развития естествознания и, следовательно, освобождения его от вредного влияния религии и схоластической философии.

²⁴ Аристотель. Метафизика. М., 1932, стр. 83.

Наука неизбежно была вынуждена восстать против церкви, а идеологи буржуазии, как выразители интересов класса, нуждающегося в развитии науки,—принять участие в этом восстании.

Из всех естественных наук прежде всего механика земных и небесных тел пришла в резкое столкновение с религиозным мировоззрением и принципами схоластической философии. Именно в ее лагере началось первое восстание против засилия средневековой мистики и схоластики. Открытие Кеплером законов движения планет, астрономические наблюдения Галилея доказывали справедливость коперниковской теории движения планет и вскрывали ложность геоцентрической системы Птолемея, являющуюся традиционной точкой зрения религии по вопросу о движении небесных тел. Галилеевы законы инерции, падения тел, колебания маятника создали основы научного учения о механическом движении.

Дело Коперника, Галилея, Кеплера и других ученых с большим успехом продолжил Ньютон. К концу XVII в. механика достигает уже известной завершенности и становится лидером всего естествознания. Но, встав во главе всего естествознания, механика придала ему специфический характер. Физика, химия, биология того периода, по образному выражению Энгельса, были в пленках и переживали период самого первоначального накопления опытных фактов. Это была эпоха всеобщего увлечения экспериментом. Торричелли на основе опыта доказывает существование атмосферного давления, Бойль и Мариотт устанавливают закон зависимости объема газа от давления, измеряется скорость звука в воздухе. Изучаются простейшие тепловые явления — расширение тел от нагревания, кипение жидкостей, охлаждение тел и т. д. Делаются первые научные шаги по изучению электрических, магнитных, химических и биологических процессов.

Однако, поскольку были хорошо изучены лишь законы механического движения тел, то все опытные факты, накопленные в науке XVII—XVIII вв., объяснялись на основе законов механики. Декарт отваживается заявить, что животное есть сложная машина. Роберт Бойль пытается свести все качественные различия вещей к механическому движению и сцеплению первичных бескачественных корпускул. Ньютон выражает пожелание «вывести из начал механики и все остальные явления природы».

Попытки ученых того периода объяснить явления природы на основе законов механики имели в тех исторических условиях, на наш взгляд, прогрессивное значение. В результате трудов этих ученых были отброшены в сторону понятия, с которыми схоластическая философия подходила к явлениям природы: форма, цель гармония. На их место вступили: материя, закономерно действующие силы, обуславливающие движение материальных тел. Целью научного познания провозглашается познание естественных причин явлений; опыт, наблюдение объявляются основой этого познания, а индукция — его орудием.

Характерной чертой этого периода является господство аналитического метода изучения явлений. Природа как бы анатомировалась, расчленялась на отдельные части, которые исследовались по их отдельным причинам и следствиям. Этот метод разложения природы на части, аналитический подход к вещам был необходимым прогрессивным этапом развития науки. «...Разложение природы, — указывал Энгельс, — на ее отдельные части, разделение различных процессов и предметов природы на определенные классы, исследование внутреннего строения органических тел по их многообразным анатомическим формам — все это было основным условием тех исполинских успехов, которые были достигнуты в области познания природы за последние четыреста лет»²⁵.

Историческое оправдание аналитического метода состоит в том, что в ту эпоху созрела необходимость перехода от общей, суммарной картины мира древних, в которой были неясны детали, к точному исследованию самих частных и деталей. Опытное исследование этих частных и деталей необходимо для создания действительно научной картины мира. Но для того, чтобы изучать отдельные явления, необходимо было вырвать их из всеобщей связи и рассматривать их вне великого движения природы. Этот «способ изучения оставил нам вместе с тем привычку рассматривать вещи и процессы природы в их обособленности, вне их великой общей связи, и в силу этого — не в движении, а в неподвижном состоянии, не как существенно изменчивые, а как вечно неизменные, не живыми, а мертвыми. Перенесенный Бэконом и Локком из естествознания в фило-

²⁵ Ф. Энгельс. Анти-Дюринг. — К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 20.

софию, этот способ понимания создал специфическую ограниченность последних столетий — метафизический способ мышления»²⁶.

Древнегреческие философы, развивавшие диалектический взгляд на мир, превосходили философов XVII—XVIII вв. в представлении о мире в целом, но уступали последним в познании конкретных причин конкретных явлений, а поэтому и в представлении о причинности, действующей между конечными вещами природы.

По признанию К. Маркса, «настоящий родоначальник английского материализма и всей современной экспериментирующей науки — это Бэкон. Естествознание является в его глазах истинной наукой, а физика, опирающаяся на чувственный опыт, — важнейшей частью естествознания. Анаксагор с его гомеомериями и Демокрит с его атомами часто приводятся им как авторитеты. Согласно его учению, чувства непогрешимы и составляют источник всякого знания. Наука есть *опытная наука* и состоит в применении *рационального метода* к чувственным данным. Индукция, анализ, сравнение, наблюдение, эксперимент суть главные условия рационального метода»²⁷.

Все научное познание Бэкон (1561—1626 гг.) делит на теологию и философию. Теология изучает бога и постигает его путем откровения; философия изучает природу, опираясь на наблюдение и опыт. Так Бэкон ограничивает религию, претендовавшую в средние века на безраздельное господство над всеми отраслями знания.

Бэкон учил, что «истинное знание есть знание посредством причин»²⁸. Целью познания природы является господство человека над силами природы. Повелевать природой можно, только повинаясь ей, говорил Бэкон. Знание связи причин и следствия является средством в практической деятельности, орудием, применяемым в практической жизни. «...Природа побеждается только подчинением ей, и то, что в созерцании представляется причиной, в действии представляется правилом»²⁹, — писал английский философ.

В решении проблемы причинности Бэкон исходит из признания единства материи, движения и формы. Ни ма-

²⁶ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 20—21.

²⁷ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 2, стр. 142.

²⁸ Ф. Бэкон. Новый Органон. М., 1938, стр. 102—103.

²⁹ Там же, стр. 33.

терия, ни малейшие ее частицы, раз они существуют, говорил он, неуничтожимы никакими силами. Всем частям материи присуще движение, источник которого находится внутри самой материи. Деятельная, живая, чувственная, материя «улыбается своим поэтически-чувственным блеском всему человеку»³⁰.

Признавая неуничтожимость материи, Бэкон, однако, допускал ее возникновение в результате творческого божественного акта. Но раз возникнув, движущаяся материя, утверждал он, продолжает существовать и развиваться по своим внутренним законам. Бесконечная материя, природа является первоосновой всех вещей, процессов и их связей. Нет ничего, что могло бы происходить вне природы и ее причинных связей. Причинные связи между конечными вещами так же реальны и объективны, как реальны и объективны сами эти вещи.

Бэкон принимает аристотелевскую классификацию причин: материя, форма, действующая причина и цель. Естествознание, физика должны заниматься изучением действующей причины и материи. Исследованием формы и цели занимается метафизика, философия. Нельзя допускать в физику целевых причин, говорил Бэкон, так как вторжение цели в область физики разрушает ее как науку, ведет ее к магии.

Разграничив область физики и метафизики, Бэкон обратил внимание на изучение действующих, или физических, причин и особенно на изучение форм. Действующая причина, по Бэкону, представляет собой внешнее воздействие одного тела на другое. Тело не может быть приведено в состояние движения или изменения никаким иным способом, кроме как воздействием другого тела.

Однако он считал, что познание материи и действующих причин не дает еще полного, истинного знания предметов. Полное знание, знание сущности постигается через познание форм. Форма, по Бэкону, есть нечто неизменное, постоянно пребывающее в предмете и выражающее его сущность. Форма — это закон, сущность предмета. «...Закон и его разделы мы разумеем,— писал Бэкон,— под названием формы...»³¹⁻³². Форма вещи есть не что иное, как «сама вещь, и вещь не отличается от формы иначе, чем

³⁰ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 2, стр. 143.

³¹⁻³² Ф. Бэкон. Новый Органон, стр. 103.

явление отличается от сущего...»³³. Зная только материю и действующую причину, человек может достигнуть новых открытий в отношении вещей, но не может затронуть глубоких основ существования вещи. Кто же знает форму, тот охватывает единство природы во внешне несходных вещах.

Форму Бэкон определяет как определенное сочетание или определенный вид движения малых частиц вещества. Так, форма теплоты, по Бэкону, есть особый вид движения этих частиц, форма краски — определенное положение частиц отражающего вещества. Вслед за Демокритом он считал, что частицы вещества, лежащие в основе натур, качественно неизменны и изменяют лишь свое положение и движение в пространстве. Эти качественно неизменные, неуничтожимые частицы и составляют основу каузального анализа Бэкона. Формальная причина, выражающая сущность вещи, есть внутреннее движение или определенное сочетание неизменных материальных частиц, входящих в состав этой вещи. Форма вещи есть нечто внутреннее по отношению к самой вещи. Определенное сочетание, взаимодействие, движение частиц вещи есть истинная (формальная) причина изменения вещи. Взаимодействие частей целого обуславливает, по Бэкону, природу всего целого.

Сохраняя аристотелевскую терминологию («форма»), Бэкон вкладывает в нее новое, материалистическое, анти-схоластическое содержание. У Аристотеля форма противостоит материи как активное начало пассивной, инертной сущности. У Бэкона же форма necessarily присуща самой материи, она есть внутренний источник, внутренняя и всеобщая причина вещей и их свойств. Бэконовское понятие формы как внутренней причины вещей содержало в себе элементы диалектики. «Первым и самым важным из прирожденных свойств материи, — пишет Маркс о Бэконе, — является движение, не только как механическое и математическое движение, но ещё больше как стремление, жизненный дух, напряжение, или, употребляя выражение Якова Бёме, как мука [Qual] материи. Первичные формы материи суть живые, индивидуализирующие, внутренне присущие ей, создающие специфические различия *сущностные силы*»³⁴.

³³ Ф. Бэкон. Новый Органон, стр. 122.

³⁴ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 2, стр. 142.

Заслужою Бэкона является разработка метода изучения форм. Таким методом он признал индукцию. Чтобы вскрыть формальную причину какого-либо явления, например нагревания, следует прежде всего составить таблицу всех случаев, когда происходит нагревание. Такая таблица есть таблица положительных инстанций. Затем следует составить таблицу отрицательных инстанций, в которой собраны все случаи, когда нагревание отсутствует. Наконец, надо составить таблицу, в которой занесены различные степени нагревания при различных условиях, которыми сопровождается явление нагревания. Это таблица сравнения. Истинной причиной, формой является то, что всегда встречается, когда существует явление, всегда отсутствует, когда отсутствует явление.

Нетрудно заметить, что в основе бэконовской индукции лежит представление о причинной связи как необходимой связи явлений. Если имеется причина, то обязательно имеется и следствие, если нет причины, то и нет следствия, разные степени причины вызывает различные следствия.

Отыскание форм как истинных причин явлений означает, по Бэкону, нахождение внутренних, имманентных причин вещей, явлений. В своем понимании формы как внутренней причины, сущности вещи английский материалист решительно примкнул к атомистической теории, значение которой для объяснения природных явлений он одним из первых в новой философии правильно оценил. Бэкон считал возможным объяснить все явления (как физические, так и психические) на основе представления о движении и ощущении атомов. Этим была поставлена задача, над решением которой работал целый ряд последующих поколений естествоиспытателей и философов.

Продолжателем и «систематиком бэконовского материализма» был Т. Гоббс (1588—1679 гг.). Он стремился создать всеобъемлющую философскую систему на основе физических принципов механики Галилея и методов геометрии Эвклида — и тем самым устранить теологическую непоследовательность материализма Бэкона.

Реальный объективный мир, по Гоббсу, — это совокупность материальных вещей, основными свойствами которых является протяженность и фигура. Материальный мир отражается в нашем сознании. Это отражение реального мира — «идеи». Отдельные тела возникают и уничтожаются, но содержащийся в них материальный субстрат

неуничтожим. Материя вечна. Сами по себе тела косны и неподвижны и приводятся в движение внешним толчком. Всякое движение сводится к механическому перемещению тел.

Важнейшей составной частью материализма Гоббса является учение об объективной причинной связи явлений. «Философия,— писал он,— есть рациональное познание действий или явлений из их известных нам причин или производящих оснований и, наоборот, возможных производящих оснований из известных нам действий»³⁵. В отличие от Бэкона Гоббс считал, что в природе существуют лишь действующие и материальные причины. О конечных причинах, или целях, учил он, может идти речь лишь в отношении тех вещей, которые обладают чувством и волей (например, у человека цель гулянья — здоровье). Да и у этих вещей, заключает Гоббс, конечная причина (цель) есть не что иное, как действующая причина. Целью человеческой деятельности является «делание» пользы или блага.

Причинные связи проявляются, по Гоббсу, в действии одного тела на другое. В результате действия в теле происходят некоторые изменения, или, как говорил Гоббс, вызываются или уничтожаются некоторые акциденции. Акциденция, по Гоббсу, «есть форма, под которой тело нам представляется. Иными словами, это значит: акциденция есть способность тела, благодаря которой оно вызывает в нас представление о себе»³⁶. То тело, которое воздействует на другое и вызывает или уничтожает в нем какие-нибудь акциденции, называется активным телом. Тело, которое испытывает воздействие активного тела, называется пассивным телом. Совокупность акциденций, произведенных в пассивном теле,— действие или эффект. Если активное и пассивное тела соприкасаются, то действия называются непосредственными, в противном случае — опосредованными.

Эффект, действие, возникающее в пассивном теле в результате воздействия на него активного тела, зависит как от акциденции активного тела, так и от акциденции пассивного тела. «Сумма необходимых для производства действия акциденций, лежащих в активном или активных

³⁵ Т. Гоббс. Избранные сочинения. М.— Л., 1926, стр. 6.

³⁶ Там же, стр. 73.

телах, — пишет он, — называется, раз действие наступило, действующей причиной (*causa efficiens*). Сумма же акциденций в пассивном теле обыкновенно называется, если только действие наступило, материальной причиной» ³⁷.

Кроме акциденций, входящих в состав действующей причины, тело обладает акциденциями, которые являются внешними по отношению к данной причинной связи. Внѣшние акциденции могут составлять действующую или действующие причины по отношению к другому или другим телам.

Гоббс вводит понятие «полной», «достаточной» или просто причины. Под полной причиной он понимает совокупность всех акциденций в активном и пассивном телах, при наличии которых с необходимостью вызывается действие или эффект. Если в пассивном теле не хватает какой-либо акциденции, то ожидаемого нами действия не последует, несмотря на то что в активном теле имеются все необходимые акциденции. И, наоборот, если в активном теле не хватает чего-либо, то ожидаемого действия не произойдет, несмотря на то что в пассивном теле имеются все необходимые акциденции.

Гоббс считает, что как только имеется налицо полная причина, так немедленно наступает действие, т. е. начало полной причины и начало вызываемого ею действия во времени совпадают. «...С появлением причин, — утверждал он, — во всей ее совокупности должно немедленно наступить и действие...» ³⁸ Причину и действие философ рассматривал как непрерывный процесс, в котором происходит непрерывное изменение как активного, так и пассивного тела. Если, например, огонь непрерывно усиливается, то соответственно непрерывно усиливается нагревание тела.

Изменение пассивного тела, вызываемое воздействием активных тел, можно разложить на ряд последовательных стадий, ступеней, в котором предыдущая ступень порождает последующую. Поэтому каждый член ряда, за исключением начального и конечного, является одновременно и причиной, и действием: причиной — по отношению к последующему члену ряда, действием — по отношению к предыдущему. Первый член ряда, поскольку он вызывает

³⁷ Там же, стр. 85.

³⁸ Там же, стр. 86.

последующую ступень, будучи сам не вызываемым предыдущей ступенью, можно представить только как активность или причину. Последний член ряда можно представить лишь как пассивность, или действие. Изменение пассивного тела можно представить как последовательное прохождение ряда ступеней, из которых первая ступень есть причина, последняя — действие.

Таким образом, Гоббс вводит понятие причинности как необходимый переход пассивного тела из начального состояния в конечное. Если причина всегда предшествует действию, а действие всегда следует за причиной, то полная причина наступает одновременно со своим действием.

Причинные отношения, по Гоббсу, свойственны самим природным телам, самой реальной действительности. Причинность имеет всеобщий характер. Всякая причина имеет действие, всякое действие имеет причину. Причинность Гоббс отождествляет с абсолютной необходимостью и на основе этого приходит к отрицанию объективной случайности. «Все, что происходит, не исключая и случайного,— пишет он,— происходит по необходимым причинам... Поэтому всякое событие, которое вообще наступает, наступает в силу необходимости... Случайным, или возможным, называется вообще то, необходимую причину чего нельзя разглядеть» ³⁹.

С этой позиции Гоббс рассматривает и категорию возможности. Возможность и действующая причина представляют, по его мнению, одно и то же. Разница между этими понятиями состоит лишь в том, что они рассматриваются в различной связи: о причине говорят в отношении уже наступивших явлений, о возможности же в отношении явлений, которые должны еще наступить. В каждом теле содержится возможность различных изменений в зависимости от внутренней природы этого тела и природы тел, которые будут на него воздействовать. Для осуществления одной из возможностей, заложенных в пассивном теле, необходимо воздействие на него соответствующего активного тела.

Принцип причинности был положен Гоббсом в основу объяснения всех явлений природы, общества и мышления. Он горячо доказывал, что этот принцип должен быть положен в основу нового естествознания, которое будет не

³⁹ Т. Гоббс. Избранные произведения, стр. 91.

чем иным, как применением математики для выражения связи причины с действием. Все явления, по Гоббсу, сводятся в конце концов к механическому движению атомов, сталкивающихся и расходящихся подобно малым бильярдным шарам. Отсюда все естествознание, в том числе учение о человеке, должно быть сведено к механике атомов.

Несмотря на некоторую ограниченность, обусловленную уровнем развития науки того времени, учение Гоббса о причинности сыграло исторически прогрессивную роль. Гоббс окончательно изгоняет из своей философии формальную и целевую причины и говорит о господстве в природе естественной причинности, обуславливающей закономерное течение мирового процесса. Задача человеческого разума — познать причинные связи, что делает человека господином природы.

Своей теорией естественной причинности, необходимости Гоббс расчистил дорогу для построения точного естествознания, опирающегося на факты и познающего их в их естественной связи.

Существенный вклад в развитие материалистической концепции причинности внес Б. Спиноза (1632—1677 гг.). Центральным понятием, образующим фундамент всей его философии, в том числе и его теории причинности, является понятие субстанции. Субстанцию он отождествляет с природой, под которой понимает «не одну материю и ее состояние, но, кроме материи, и иное бесконечное (*alia infinita*)»⁴⁰. Субстанция неограниченна в пространстве и во времени, она вечна и безгранична. Существенными свойствами, атрибутами ее являются протяженность и мышление. Единичная, конечная вещь — проявление общей, универсальной субстанции, а субстанция — субстрат, первооснова всех единичных вещей. Она есть то общее, что существует во всех конечных вещах.

В природе господствует необходимый вечный порядок вещей, который представляет собой не что иное, как постоянную причинную связь, как непрерывный ряд причин и следствий. Все, что совершается в природе вещей, вызвано причинами, которые суть действующие причины, но не целевые. Спиноза решительно отвергает существование целевых причин в природе. Если бы в природе существо-

⁴⁰ Б. Спиноза. Избранные произведения, т. II. М., 1957, стр. 89.

вала цель, рассуждает мыслитель, то существовало бы самоопределение вещей, свобода выбора их поведения, что, однако, противоречит строгой необходимости, господствующей в природе. «Природа,— писал он,— не действует по цели, ибо то вечное и бесконечное существо, которое мы называем богом или природой, действует по той же необходимости, по которой существует...»⁴¹

Причинная связь, по Спинозе, носит необходимый характер: причина необходимо вызывает действие и, наоборот, всякое действие есть необходимый результат причины. «Из данной определенной причины,— утверждает философ,— необходимо вытекает действие — и, наоборот, если нет никакой определенной причины, невозможно, чтобы последовало действие»⁴².

Спиноза различает причины внутренние и причины внешние. Если нечто производит что-либо внутри себя, то это нечто является внутренней причиной этого; если нечто производит что-либо вне себя, то оно является внешней причиной этого.

В мире конечных вещей существуют лишь внешние причинные связи. Сами по себе, в силу своей природы тела сохраняют состояние покоя или движения до тех пор, пока не испытают воздействия других, внешних по отношению к ним тел. Двигающееся или покоящееся тело определяется к движению или покою другим телом, которое в свою очередь определяется к движению третьим телом, и так до бесконечности. Но такое объяснение явлений на основе внешней причинности не удовлетворяет нашу рефлексию и побуждает ввести понятие первой причины, т. е. такой причины, которая не зависит ни от чего другого. Такой первой причиной может быть объект, являющийся причиной самого себя, т. е. объект, причина которого лежит внутри самого себя.

Объект, являющийся причиной самого себя (*causa sui*) и существующий исключительно в силу самого себя, а отнюдь не в результате воздействия чего-либо другого, и есть субстанция. Понятие субстанции философ вводит для того, чтобы объяснить закономерный порядок вещей, являющийся первопричиной.

Субстанция есть причина всех вещей; последние сле-

⁴¹ Б. Спиноза. Избранные произведения, т. I. М., 1957, стр. 522.

⁴² Там же, стр. 302.

дуют из нее и ни из чего другого. Но Спиноза не считал, что субстанция, или, как он еще называет, — бог, предшествует вещам и творит их. Все вещи в субстанции и существуют одновременно с ней. «Бог (природа, субстанция.— Г. С.) есть имманентная (*immanens*) причина всех вещей,— писал он,— а не действующая извне (*transiens*)»⁴³.

Идею Спинозы о субстанции как о внутренней причине вещей воспринял и развил далее Гегель, который показал, что субстанция как *causa sui* мыслима как взаимодействие вещей. Энгельс весьма высоко оценил учение Спинозы и Гегеля о субстанции как причине самой себя. «...Спинозовское: *субстанция есть causa sui* (причина самой себя.— Г. С.),— писал, он,— прекрасно выражает взаимодействие...» И далее: «Так естествознанием подтверждается то, что говорит Гегель (где?),— что взаимодействие является истинной *causa finalis* (конечной причиной.— Г. С.) вещей»⁴⁴.

Считая субстанцию неподвижной и неизменной, Спиноза, естественно, не смог вскрыть действительный механизм имманентной причины и поэтому не объяснил происхождение изменчивых вещей из неизменной субстанции. По этой же самой причине он не смог объяснить существование мыслящих, чувствующих существ. Чтобы объяснить существование живого, обладающего чувствами, Спиноза был вынужден принять гилозоистическое утверждение, согласно которому все тела природы одушевленные, хотя и в различной степени. Спиноза не поднялся до понимания движения как вечной формы существования материи, которая в своем развитии порождает на известной ступени жизнь. Он был далек от понимания качественного многообразия форм материальных процессов.

Вслед за Демокритом, Гоббсом и Декартом Спиноза отрицал объективность случайности. Поскольку каждая вещь — это звено в бесконечной цепи сцепления причин и действий, то поведение каждой вещи подчинено строжайшей необходимости. В природе не существует таких сил, которые могли бы порвать эту цепь и вырвать из нее хотя бы один узел. Все процессы, происходящие с конечными вещами, необходимо детерминированы и происходят в

⁴³ Там же, стр. 380.

⁴⁴ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 142—143.

соответствии с этой детерминацией, а не иначе. «В природе вещей,— писал философ,— нет ничего случайного, но все определено к существованию и действию по известному образцу из необходимости божественной природы»⁴⁵. Случайность — результат незнания действительных причин явлений. «Случайной же какая-либо вещь называется,— утверждал он,— единственно по несовершенству нашего знания»⁴⁶. Познав действительный порядок причин, обуславливающих движение тела, мы найдем, что его поведение также необходимо.

Такое понимание причинности, исключаящее случайность, Спиноза распространяет на человека и его психическую деятельность. И здесь он признает только строгую необходимость, с которой одни функции душевной деятельности возникают из других. Философ решительно восстает против распространенного мнения людей, которые считают себя свободными в выборе тех или иных поступков. Теория причинности Спинозы, отрицающая объективность случайности, носила в себе черты фатализма.

Материалистическое учение об естественной причинной связи стало знаменем поднимающейся буржуазии в борьбе против реакционной церковно-перипатетической догматики. Не удивительно поэтому, что «святые отцы» злобно обрушились на это учение, не без основания считая, что оно противоречит священному писанию. Римский папа в 1663 г. включил работы Декарта в «Индекс запрещенных книг». Спиноза был объявлен еретиком и безбожником и отлучен от общины.

Против учения об естественной причинности выступили спиритуалисты Мальбранш (1638—1715 гг.) и Беркли (1687—1753 гг.). Оба они назвали противоречащим принципам христианства утверждение о том, что причинность относится к самим вещам, что вещи могут воздействовать друг на друга. Никакой естественной причинной связи вещей, утверждали они, не существует, все знание, которого достигла наука при помощи учения об естественной причинности, ложно, иллюзорно. Истинное знание может дать лишь вера, религия. «Движущая сила тел...,— писал Мальбранш,— не находится в движущих телах, ибо эта движущая сила не что иное, как воля божья... Естествен-

⁴⁵ Б. Спиноза. Избранные сочинения, т. I, стр. 387.

⁴⁶ Там же, стр. 391.

ная причина не есть реальная и истинная причина, а причина случайная, определяющая решение творца природы»⁴⁷. Нет иных причин, кроме духовных, ничего активного, кроме бога, утверждал Беркли.

Несмотря на нападки фидеистов, материалистическое учение о причинности проложило себе дорогу в естествознание и философию и сыграло положительную роль в их развитии. Опровергнуть учение об естественных связях природы, которое соответствовало потребностям прогрессирующей науки и практики, не могли никакие силы.

Концепция причинности в философии XVIII века

С критикой материалистической теории причинности, признающей объективность и познаваемость причинных связей, выступил Д. Юм (1711—1776 гг.). При этом он исходил из утверждения, что человеческий ум имеет дело только с восприятиями. Он не согласился как с точкой зрения материализма, признающего источником наших ощущений, впечатлений внешний материальный мир, так и с точкой зрения Беркли, ссылавшегося на существование сверхъестественного существа как первопричины ощущений. Вопрос об источнике ощущений может быть решен лишь на опыте. Но опыт он истолковывал субъективистски, как операцию с восприятиями, и поэтому пришел к выводу, что никакой человеческий опыт не может доказать ни существование бога, ни существование материальной субстанции.

Решив в таком агностическом духе вопрос об объективном существовании внешнего мира, Юм стал отрицать объективный характер причинных связей в природе^{47а}. Рассуждал он при этом так. Представление о причинности, как всякое представление, должно содержаться либо в наших ощущениях, либо в наших идеях. В ощущениях, опыте человеку даются отдельные впечатления, но не их связь. Мы, например, видим и слышим удар бильярдных шаров, но мы не видим и не слышим, и не можем видеть и слышать,

⁴⁷ Н. Мальбранш. Разыскание истины, т. II. СПб., 1906, стр. 320.

^{47а} См. И. С. Нарский. Философия Давида Юма. М., 1966.

в одном шаре причину изменения состояния другого. Причина не ощущается на опыте, она не есть впечатление. «Мы находим только — пишет Юм, — что одно действительно, фактически следует за другим. Толчок, сообщенный бильярдным шаром, сопровождается движением второго. Вот все, что является внешним чувством, и дух наш не воспринимает никакого чувства, или внутреннего впечатления, от этой последовательности объектов; итак, ни в одном единичном, частном случае причинности нет ничего, что могло бы вызвать идею силы, или необходимой связи»⁴⁸.

Идея причинности, необходимости, рассуждает далее Юм, не содержится также в понятиях разума. Если бы причинность содержалась в понятии разума, то она могла бы быть выведена чисто логическим путем, что, однако, оказывается невозможным. Как бы тщательно ни анализировали понятие движущегося бильярдного шара, мы не отыщем в нем, что он есть причина второго.

Откуда же в конце концов возникает у нас понятие о необходимой связи вещей? В опыте, рассуждает Юм, мы встречаемся с различными впечатлениями, постоянно следующими друг за другом. Мы постоянно наблюдаем, например, что за пламенем следует тепло. Сначала пламя, затем тепло. Частое повторение этого чередования приводит нас к тому, что «после этого» запечатлевается в нас в виде необходимого постоянного порядка. В результате мы верим, что пламя всегда вызывает тепло, и считаем пламя необходимым условием или причиной теплоты. Привычка наблюдать постоянную очередность события во времени превращается, по Юму, в веру. На основе этой веры возникает представление о том, что тепло потому есть, что есть огонь. Так в результате привычки, веры, по мнению Юма, человек приходит от представления о постоянной очередности событий к понятию причинности, считая, что после этого — это значит: по причине этого.

Основой для образования идеи причинности, по Юму, является не объективная связь явлений, существование которой якобы нельзя ни доказать, ни опровергнуть, а вера, возникающая при посредстве воображения и привычки. «Итак, наша идея о необходимости и причинности, — заключает он, — порождается исключительно единообра-

⁴⁸ Д. Юм. Исследование о человеческом уме. СПб., 1916, стр. 71.

нием, замечаемым в операциях природы, где сходные объекты всегда соединены друг с другом, а дух наш побуждается привычкой к заключению об одном из них при появлении другого. Эти два условия исчерпывают собою ту необходимость, которую мы приписываем материи. Помимо постоянного соединения сходных объектов и следующего за этим *заключения* от одного из них к другому, у нас нет идеи необходимости или связи»⁴⁹. И далее: «Мы знаем, что тепло фактически постоянно сопровождает пламя, но какова между ними связь — мы не можем ни предположить, ни вообразить себе»⁵⁰.

Так Юм лишил категорию причинности ее объективного содержания и превратил ее в субъективную категорию рассудка, в основе которой лежит-де, во-первых, привычка и, во-вторых, вера в появление известного следствия, наблюдаемого ранее при подобных обстоятельствах.

Характеризуя юмовскую концепцию причинности, В. И. Ленин писал: «Субъективистская линия в вопросе о причинности есть философский идеализм (к разновидностям которого относятся теории причинности и Юма и Канта), т. е. более или менее ослабленный, разжиженный фидеизм»⁵¹. В. И. Ленин показал, что истоком субъективистских взглядов Юма на причинность является решение основного вопроса в духе субъективного идеализма. Юм отрицает существование внешнего мира независимо от познающего человека. Вопрос о том, существует ли объективный мир, он считал в принципе неразрешимым. Мысль о существовании внешнего мира, «вещей в себе» он считал философски недопустимой, пустой «метафизикой».

Отказавшись от признания объективной реальности, Юм ищет источник человеческого знания в ощущениях, восприятиях, ограничив человеческое познание чисто субъективной сферой восприятий и идей; он пытается найти доказательство существования причинных, необходимых связей не в самих вещах, не в самой объективной действительности, а в сфере восприятий. Вопрос о существовании причинных связей в самих вещах, в самой объективной природе, независимо от познающего субъекта, объявляется Юмом ненаучным, метафизическим, принципиально не разрешимым.

⁴⁹ Там же, стр. 94.

⁵⁰ Там же, стр. 72.

⁵¹ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 159.

Но практическая деятельность людей, вопреки Юму, дает возможность доказательства истинности познания объективных причинных связей в природе и обществе. Люди не в силу привычки или веры ждут повторения тех или иных явлений, а потому, что могут сами создать соответствующие условия и вызвать желаемые явления. Именно на этом свойстве объективных, необходимых генетических связей явлений природы и общества основана производственная и революционная деятельность людей. Именно практическая деятельность доказывает, что человек не может по своему желанию, произволу создавать или отменять причинные связи, а может лишь открывать их в объективной действительности и в соответствии с ними определить свое практическое отношение к ней. «...Благодаря деятельности человека и обосновывается представление о причинности...»⁵² — подчеркивает Ф. Энгельс.

Свою субъективную теорию причинности Юм пытался навязать эмпирическим наукам, к которым он относил все естественные науки, за исключением математики. Естественные науки, говорил философ, неспособны создать теории, объясняющие причины тех или иных явлений, а потому должны ограничиваться установлением фактов.

Юм уверял, что естественные науки могут вполне обойтись без понятия причинности, если они будут ограничиваться лишь установлением вероятности того или иного явления и по возможности будут определять ее степень (количественную меру).

Вместе с тем следует отметить, что Юм поставил ряд важных принципиальных вопросов, касающихся проблемы причинности. Он совершенно правильно подчеркнул, что причинность не есть априорная категория, извечно присущая человеческому уму, и что понятие причинности, необходимости нельзя доказать ни при помощи восприятий, ни при помощи чисто логических рассуждений. Юм обратил внимание на проблему соотношения временной последовательности событий и причинности. Он указал, что простое следование событий во времени не может быть доказательством того, что между этими событиями существует необходимая генетическая связь. Однако Юм не объяснил, почему существует повторяющаяся последовательность явлений, которую мы принимаем за причинность.

⁵² К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 545.

Исследуя этот вопрос, Кант пришел к выводу, что положение о повторяющейся временной последовательности явлений есть априорное основоположение «чистого рассудка». Такой вывод следовал из основных принципов его философии «трансцендентального идеализма».

В докритический период, когда Кант занимался натурфилософскими проблемами, решающее влияние на его мировоззрение имели естественнонаучные взгляды Ньютона. Он усвоил механику Ньютона и положил ее в основу своей натурфилософии. Основное натурфилософское произведение Канта так и называется: «Всеобщая естественная история и теория неба, или Опыт изложения устройства и механического происхождения Вселенной по принципам Ньютона». В этом сочинении он пытался распространить принцип классической механики не только на всю Вселенную в настоящем, но и на весь мир в прошлом.

Впервые в истории естествознания Кант использовал законы механики, в том числе закон всемирного тяготения, для создания теории возникновения и развития всей Вселенной из первичной туманности благодаря действию исключительно естественных причин, носящих характер взаимодействия механических факторов. Кантом, писал Энгельс, «впервые было поколеблено представление, будто природа не имеет никакой истории во времени.. В этом представлении, вполне соответствовавшем метафизическому способу мышления, Кант пробил первую брешь и притом сделал это столь научным образом, что большинство приведенных им аргументов сохраняет силу и поныне»⁵³.

Успехи классической механики в объяснении, казалось бы, самых разнообразных явлений — таких, как падение тел, полет пуль и снарядов, движение планет, приливы и отливы, колебание маятника, форма Земли и т. д. и т. п., — привели Канта к мысли, что механика Ньютона является универсальной и абсолютно точной наукой. Принципы Ньютона он считал столь же достоверными и необходимыми, как и аксиомы геометрии, подчеркивая, что те и другие неопровержимы и вечны. С такими представлениями, сложившимися в результате двадцатилетних занятий естественнонаучными проблемами, Кант и приступил к своим философским исследованиям в «критический период». Нельзя не согласиться с утверждением Гейзенберга,

⁵³ Там же, стр. 56—57.

что Кант «во многих случаях делает философские выводы из развития естественных наук со времени Ньютона»⁵⁴.

Однако философское обобщение классической механики Кант строил на основе принципов скептической философии Юма и рационализма Лейбница, что обусловило противоречивость его философской системы, сочетание в ней противоположных тенденций: материализма и идеализма, рационализма и эмпиризма, догматизма и скептицизма, веры и знания. Признав существование «вещей в себе» независимо от нашего сознания, Кант становится на почву материализма; объявив, что предметы нашего познания составляют явления, а не «вещи в себе», он превращает последние в голые, безжизненные абстракции, отрицает познаваемость «вещей в себе», т. е. скатывается на позиции агностицизма.

Особый класс «вещей в себе», по Канту, составляют свобода, бессмертие и бог. Но если бог есть непознаваемая «вещь в себе», то в принципе невозможны никакие доказательства, как существования его, так и опровержение его существования. Убежденность в существовании бога основана не на логических доказательствах, а на вере. Так Кант очерчивает границы теоретическому разуму, для того чтобы сделать независимой веру за пределами этих границ. По признанию самого Канта, он должен был «ограничить знание, чтобы дать место вере»⁵⁵.

Достоверность научного знания Кант сводит к логической всеобщности и необходимости. Вслед за Декартом и Лейбницем он утверждал, что чувственное познание не является всеобщим и необходимым, а поэтому оно неистинно. Достоверные положения науки не могут быть обоснованы на данных опыта и необходимо требуют признания врожденных, или априорных, источников знания. Математика как точная, достоверная наука возможна, по Канту, потому, что она опирается на априорные формы чувственности или априорные наглядные представления «созерцания» (интуиции) пространства и времени. Геометрия условием своей возможности имеет априорные чувственные представления пространства, арифметика — априорные чувственные представления времени. Естествознание возможно как

⁵⁴ W. Heisenberg. Atomforschung und Kausalgesetz «Universitas», 1954, № 3, S. 226.

⁵⁵ И. Кант. Критика чистого разума. СПб., 1915, стр. 17.

достоверное знание потому, что существуют априорные основоположения «чистого» рассудка, к числу которых Кант относит положение об устойчивости субстанции, положение о временной последовательности, согласно закону причинности, и положение о сосуществовании, согласно закону взаимодействия. Категории, по Канту, есть основные понятия рассудка, образующие априорные формы мыслимости тех или иных предметов, их свойств и отношений.

Категорию причинности Кант относит не к «вещам в себе», а только к явлениям. С помощью понятия причинности рассудок упорядочивает чувственные восприятия во времени, и в результате этого упорядочивания становится возможным опыт. «...Понятие причины есть условие, насколько не принадлежащее вещам, а только опыту...»⁵⁶ Опыт же, по Канту, «состоит в синтетическом соединении явлений (восприятий) в сознании, поскольку же соединение имеет характер необходимости»⁵⁷. Опыт возможен лишь тогда, когда возможно установление необходимой связи восприятий.

Но при каких условиях, по Канту, возможно представление о необходимой связи восприятий (явлений)?

Важнейшую составную часть опыта образует определение времени явлений, продолжительности их существования, их последовательности и одновременности.

При каких же условиях возможно объективное, т. е. общезначимое, определение временной последовательности явлений? — задает вопрос Кант.

Наши восприятия, рассуждает он, всегда последовательны и случайны. Смотрим ли мы на части дома, одновременно сосуществующие, или наблюдаем различные состояния движущегося экипажа, наши восприятия всегда следуют друг за другом.

При каком условии мы можем отличить одновременные явления (части дома) от явлений последовательных (различные состояния одного и того же экипажа)?

Мы могли бы отличать одновременные события от последовательных лишь в том случае, говорит Кант, если бы существовало нечто постоянное пребывающее в вещах. Если бы не было ничего постоянного, существующего во всякий момент времени, то и не было бы смены явлений;

⁵⁶ И. Кант. Прологомены, стр. 84.

⁵⁷ Там же, стр. 78.

если бы все было постоянным, то также не было бы смены явлений. Поэтому существование некоего постоянного, существующего вечно, является условием смены явлений. Сменяющееся не существует без постоянного. Постоянное и сменяющееся всегда существуют одновременно: первое — как остающееся, второе — как преходящее. Сменяющееся, преходящее представляет собой различные состояния, формы чего-то постоянно присутствующего в явлениях. Это постоянное в сменяющихся явлениях есть субстанция. «Следовательно,— пишет Кант,— во всех явлениях устойчивое есть сам предмет, т. е. субстанция, а все, что изменяется или может изменяться, есть только способ, каким существует эта субстанция или субстанции»⁵⁸.

Субстанция не может ни возникнуть, ни исчезнуть, количество ее в природе остается постоянным. Когда полено сгорает, то оно преобразуется в золу, пепел и дым. Количество вещественного субстрата остается постоянным, изменяется лишь его форма, состояние. Утверждение «из ничего не возникает ничего» логически вытекает, указывает Кант, из положения о постоянном существовании вещественного субстрата во всех явлениях. Он довольно недвусмысленно формулирует закон сохранения вещественной субстанции. У Канта содержится также зародыш идеи о связи причинности с законом сохранения вещества, которая была более четко и в более общей форме подчеркнута М. В. Ломоносовым и позднее использована Майером, Джоулем и Гельмгольцем для обоснования закона сохранения и превращения энергии.

Итак, существование устойчивого, постоянного в сменяющихся явлениях создает возможность для опыта, т. е. упорядочивания явлений в их необходимой связи. Но здесь, по Канту, возникает вопрос: как можно узнать, что явления связаны друг с другом необходимо, независимо от случайных восприятий? Рассматривая этот вопрос, Кант приходит к знаменитому выводу, что понятия причины и следствия составляют единственное условие для определения необходимой последовательности событий во времени, а понятие взаимодействия является единственным условием для определения одновременности событий.

Причинная связь, по Канту, состоит в необходимой связи двух событий. Если одно событие предшествует друго-

⁵⁸ И. Кант. Критика чистого разума, стр. 142.

му и не может быть без того, чтобы это последнее не следовало за ним по определенному правилу, то первое есть причина, а другое событие — действие. Связь предыдущего события с последующим носит не случайный, а необходимый характер.

Понятие причины определяет явление, которое необходимо предшествует другому, и поэтому причинность регулирует наши восприятия в отношении последовательности явлений во времени. Это понятие освобождает последовательность восприятий от случайности и делает их необходимыми и объективными (общезначимыми).

Кантовский закон причинной связи сводится к априорному установлению необходимого порядка в следовании событий, но не вскрывает тот внутренний механизм, который обуславливает изменение предмета. Кант считал, что по вопросу о том, как возможно, что за состоянием предмета в один момент времени следует другое состояние в другой момент времени, а priori мы не имеем малейшего понятия. Для решения этого вопроса требуется знание конкретных фактов, эмпирическое знание сил, которые вызывают изменение движения предмета. «Каким образом, — писал Кант, — вообще что-либо может изменяться, как возможно, чтобы за состоянием в один момент времени следовало противоположное состояние в другой момент, об этом мы не имеем а priori ни малейшего понятия. Для решения таких вопросов требуется знание действительных сил, которое может быть дано лишь эмпирически, например знание движущих сил, или, что одно и то же, знание известных последовательных явлений (как движений), которые служат показателями таких сил. Но форма всякого изменения — условие, при котором единственно может происходить изменение, как возникновение нового состояния (причем содержание его, т. е. состояние, которое изменяется, может быть каким угодно), иными словами сама последовательность состояний (событий) может быть установлена а priori согласно закону причинности и условию времени»⁵⁹.

Кант понимал, что понятие причинности, выражающее необходимую связь состояний одной и той же вещи, недостаточно для естественных наук. Ограниченность этого понятия состоит в том, что оно не выражает тот механизм, который обуславливает изменение вещи, переход ее из од-

⁵⁹ Там же, стр. 153.

ного состояния в другое. Кант признает, хотя и глухо, что естественные науки, кроме установления последовательности событий во времени на основе априорного понятия причинности, пользуются понятием действующей причины. Действующая причина выражает активность, действие субстанции. Если причинность, понимаемая как необходимая связь состояний, есть априорное установление рассудка, то действующая причина вскрывается эмпирическими науками апостериори.

Таким образом, кроме понятия причинности как необходимой связи последовательных состояний *одной и той же субстанции*, Кант вводит понятие действующей причинности, которая состоит в необходимой связи, по крайней мере, двух субстанций, из которых одна, воздействуя на другую, необходимо вызывает изменение второй. Печь, воздействуя на воздух комнаты, необходимо вызывает ее нагревание, свинцовый шар, воздействуя на подушку, производит ямку и т. д.

Если в причинной связи, понимаемой как необходимая связь одной и той же субстанции, причина всегда предшествует действию, то в большинстве случаев действующей причинности, по Канту, причина и действие одновременны, они сосуществуют. Однако и в этом последнем случае динамически причина предшествует следствию, так как первая производит вторую, а не наоборот.

Кант далее показывает, что «все субстанции, поскольку они сосуществуют, находятся во всестороннем общении (т. е. взаимодействии друг с другом)»⁶⁰. Поскольку в природе большинство действующих причин сосуществует со своими действиями, то отсюда следует, что действительным механизмом большинства действующих причин является взаимодействие субстанции, в результате которого происходит их изменение.

Понятие взаимодействия, или взаимная причинность, делает, по Канту, возможным определение необходимо одновременных явлений. Это понятие делает возможным выделить из случайной последовательности восприятий в соответствии с ходом усвоения от явления *A* к явлению *B* необходимо одновременные события. Если при движении восприятий от *A* к *B* и обратно от *B* к *A* явления *A* и *B* воспринимаются как предшествующие и как последующие

⁶⁰ И. Кант. Критика чистого разума, стр. 155.

друг другу, то они необходимо одновременны. Следовательно, если сосуществование явлений познаваемо в возможном опыте, то содержащие эти явления субстанции должны находиться в динамическом взаимодействии (непосредственном или косвенном). «Но все то, — заключает Кант, — без чего сам опыт относительно предметов был бы невозможен, имеет необходимое значение для предметов опыта, и отсюда следует, что *все субстанции в явлениях, поскольку они сосуществуют, необходимо находятся во всестороннем общении взаимодействия друг с другом*» ⁶¹.

Так Кант на основе анализа условий опыта приходит к выводу, что все сосуществующие субстанции находятся в отношении динамического взаимодействия, которое выражает взаимное воздействие субстанции друг на друга: *А* воздействует на *В*, *В* оказывает обратное воздействие на *А*. В результате этого взаимного воздействия происходит изменение субстанций *А* и *В*, они меняют свое состояние. Все сосуществующие явления, взаимодействуя друг с другом, образуют, по Канту, единое мировое целое.

«Единство мирового целого, в котором должны быть соединены все явления, есть, очевидно, — пишет Кант, — простой вывод из молча допущенного основоположения взаимодействия всех существующих субстанций: в самом деле, если бы они были изолированы, то они не были бы частями целого, и если бы их связь (взаимодействие многообразия) не была необходима уже для сосуществования, то из сосуществования, как чисто идеального отношения, нельзя было бы умозаключать к взаимодействию, как реальному отношению. Но мы показали в своем месте, что взаимодействие, собственно, есть основание возможности эмпирического знания о сосуществовании и что потому от сосуществования можно умозаключить к взаимодействию, как основанию его» ⁶².

Итак, понятия субстанции, причинности, взаимодействия являются, по Канту, теми условиями, которые определяют и делают необходимым временное отношение явлений в возможных опытах. Субстанция определяет постоянное бытие, причинность — необходимую последовательность явлений во времени, взаимодействие определяет одновременные события. Все эти понятия составляют кате-

⁶¹ Там же, стр. 157 (подчеркнуто мною. — Г. С.).

⁶² Там же, стр. 159.

гории отношения. В одном отношении явление есть состояние какой-либо субстанции, в другом отношении — следствие какой-нибудь причины, в третьем отношении явление есть часть целого, составленного из взаимодействующих частей.

Согласно закону причинности, рассуждает Кант, каждое явление обусловлено с необходимостью другим явлением, являющимся его причиной, это второе в свою очередь обусловлено третьим и т. п. Исследуя то или иное явление, мы можем последовательно либо восходить от действия к причине, либо нисходить от причины к действию. Но какой бы путь мы ни избрали, ряд причин и следствий не может быть завершен, он бесконечен, говорит Кант, продолжается в обе стороны от данного явления. Каждое явление этого ряда необходимо обусловлено бесконечным числом предшествующих ему явлений и в свою очередь обуславливает последующие явления. В мире явлений каждое событие необходимо, а поэтому может происходить только так, а не иначе. Но если признать то, что все явления происходят необходимо, рассуждает Кант, то тогда нет ни свободы поступков, ни воли, которая была бы независима от чувственных условий. Если же практическая свобода, моральные нормы должны существовать, то должна быть признана независимость морального поведения от явлений.

Но как может существовать независимость поведения людей от явлений?

Для решения этого вопроса Кант устанавливает различие между связями в мире явлений и связями в мире «вещей в себе». Необходимость, утверждает он, существует лишь в мире явлений. В мире «вещей в себе» действует «свободная причинность», или просто свобода, под которой философ понимает безусловную причину, которая состоит в способности начинать ряд исключительно от себя. «Под свободой в космологическом смысле я разумею, — писал он, — способность самопроизвольно начинать состояние: следовательно, ее причинность не зависит в свою очередь, согласно закону природы, от другой причины, которая определяла бы ее во времени» ⁶³.

Человек как физическое тело и как эмпирический субъект мышления, чувствования и хотения подчинен за-

⁶³ И. Кант. Критика чистого разума, стр. 317.

кону причинности мира явлений. Человек же как умопостигаемый субъект нравственного самосознания, нравственного поведения, воли является «вещью в себе» и, как «вещь в себе», подчиняется закону свободной причинности. Так Кант примиряет идею необходимой связи явлений с идеей свободы самопроизвольных поступков человека.

Такова кантовская концепция причинности. Теорию причинности Канта В. И. Ленин назвал идеализмом. Причинная связь, по Канту, не есть объективная связь вещей, а всего лишь результат синтетической деятельности рассудка, который подводит чувственные восприятия под априорное понятие причинности. Рассудок — подлинный законодатель природы. Отрицая существование причинных связей в самих вещах, Кант скатывается к субъективистской позиции Юма. Различие между теориями причинности Канта и Юма состоит в том, что первый считал причинность априорным понятием рассудка, второй — психологическим понятием, основанным на привычке. «Различие между юмовской и кантовской теорией причинности есть второстепенное различие между агностиками, которые сходятся в основном: в отрицании объективной закономерности природы, осуждая этим себя неизбежно на те или иные идеалистические выводы»⁶⁴.

Теоретической основой кантовской и юмовской теории причинности является отрицание роли материальной практики как основы познания и как критерия истинности. С признанием действительной роли практики в познании, на основе которой возможно получение достоверного, истинного знания, отпадает необходимость в предположении существования разного рода априорных понятий, врожденных идей, якобы необходимых для получения всякого достоверного знания.

Впервые в новое время идею естественной причинности, необходимости, закономерности начали обосновывать французские материалисты XVIII в. — Ламетри (1709—1751 гг.), Гельвеций (1715—1771 гг.), Дидро (1713—1784 гг.), Гольбах (1723—1789 гг.). Они, с одной стороны, продолжали традиции физики Декарта, никогда не исчезавшие во Франции и тесно связанные с развитием естествознания, а с другой — они продолжали учение английских материалистов XVII в. — Бэкона, Гоббса и Локка.

⁶⁴ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 169.

Огромное влияние на формирование философских взглядов французских материалистов оказало естествознание, и прежде всего классическая механика Галилея — Ньютона. Вместе с тем уже в это время область естественнонаучных исследований быстро расширяется. Первые успешные шаги делает химия. В физике разрабатывается новая область — учение об электричестве. Крупных успехов достигли биология, физиология и медицина. Однако новые области естествознания находились под определяющим влиянием механистических концепций.

Систематическое изложение философских взглядов французских материалистов на природу дано в книге П. Гольбаха «Система природы». Исходным пунктом рассмотрения категории причинности у Гольбаха является принцип объективности материи и ее движения. «Вселенная, — писал он, — это колоссальное соединение всего существующего, представляет нам повсюду лишь материю и движение: ее совокупность раскрывает перед нами необъятную и непрерывную цепь причин и следствий...»⁶⁵

В понимании материи Гольбах вплотную подходил к обобщенному определению материи как всего того, что воздействует каким-нибудь образом на наши чувства, а качества, приписываемые нами различным веществам (*matieres*), основываются на различных впечатлениях или различных изменениях, производимых ими в нас⁶⁶. Необходимым свойством материи является движение. Материя и движение несотворимы, они существуют вечно. Отрицая первоначальный божественный толчок, французские материалисты учили, что в самой материи находится источник ее движения. «Материя содержит в себе оживляющую ее движущую силу, которая является непосредственной причиной всех законов движения»⁶⁷.

Внутренним источником, причиной самодвижения материи, по мнению Дидро и Гольбаха, является взаимодействие вещей, частей, атомов. Разные части материи имеют разные свойства, взаимодействуют между собой в соответствии с этими свойствами и в результате производят все разнообразие вещей и явлений.

⁶⁵ П. Гольбах. Система природы, или О законах мира физического и мира духовного». М., 1940, стр. 12.

⁶⁶ Там же, стр. 25.

⁶⁷ Ж. Ламетри. Избранные сочинения. М.—Л., 1925, стр. 53,

Поднявшись до понимания внутренней активности материи, до понимания того, что внутренним источником движения материи является взаимодействие ее частей, атомов, французские материалисты в основном не выходили за рамки механической концепции движения. «Движение, как с этим согласится всякий,— утверждал Гольбах,— последовательное изменение отношений какого-нибудь тела к различным точкам пространства или к другим телам»⁶⁸. Сводя все материальные процессы к механическому движению неизменных атомов, французские материалисты считали возможным объяснить при помощи механических причин все явления. «Мы можем объяснить физические и духовные явления, привычки с помощью чистого механизма»⁶⁹,— писал Гольбах.

Движение материи, согласно взглядам Гольбаха, представляет собой бесконечную цепь причин и действий. «Причина,— писал он,— это существо (etre), приводящее в движение другое существо или производящее какое-нибудь изменение в нем. Действие — это изменение, произведенное каким-нибудь телом в другом теле при помощи движения»⁷⁰.

Согласно представлениям французских материалистов, причинная связь есть связь между воздействием одного тела на другое и изменением этого второго тела. Они признавали принципиальную возможность познания реальных причинных связей. Причинное отношение, по Гольбаху, есть выражение внутренних свойств тел, находящихся в причинной связи. Тело может сообщить движение другим телам лишь в соответствии с отношениями сходства, согласия, аналогии, которые оно имеет с ним. Тела, не имеющие между собой никакого сходства, не могут быть в причинной связи. Огонь, говорит Гольбах, распространяется лишь тогда, когда он встретит тело, содержащее в себе аналогичное огню начало. Он гаснет, когда он встретит тело, которое он не может зажечь.

Гольбах считал, что реальным основанием причинной связи является взаимодействие. Если имеют дело с приобретением движения, например с возникновением относительного движения покоящегося бильярдного шара в

⁶⁸ П. Гольбах. Система природы, стр. 57.

⁶⁹ Там же, стр. 84.

⁷⁰ Там же, стр. 13—14.

результате столкновения его с другим, движущимся паром, то в этом случае происходит передача движения от одного шара к другому в виде внешнего толчка, давления. Однако «в телах не может быть действия без противодействия» ⁷¹, поэтому когда тело побуждается к движению другим телом, то оно обратно воздействует на последнее и заставляет его изменять свое движение.

Таким образом, хотя причина, вызывающая движение бильярдного шара, является внешней по отношению к нему и носит характер внешнего воздействия, но она возникает лишь в результате взаимодействия шаров и не существует вне этого взаимодействия. Механизм связи причины и действия даже в случае приобретенного механического движения представляет собой взаимодействие тел.

В случае самопроизвольного движения причина носит характер внутреннего взаимодействия частей, сторон, компонентов соответствующего объекта. «...Всякий раз,— писал Гольбах,— когда смеси оказываются в состоянии воздействовать друг на друга, сейчас же возникает движение, и ... смеси эти действуют с силой, способной производить поразительные эффекты. Если смешать вместе железные опилки, серу и воду, то вещества эти, приведенные таким образом в соприкосновение, мало-помалу нагреваются, под конец загораясь» ⁷². Причиной нагревания смеси, по Гольбаху, является взаимодействие составных частей смеси. Причина самопроизвольного движения тел носит характер взаимодействия.

Гольбах допускал, что в результате взаимодействия частей смеси может возникнуть новое качество, не содержащееся отдельно ни в одной из составных частей смеси.

Все многообразие тел в природе представляет собой, по Гольбаху, сочетание и взаимодействие неделимых частиц, атомов четырех элементов: огня, земли, воды и воздуха. Огонь является носителем деятельного начала; он есть плодотворное бродило, приводящее в брожение массу и придающее ей жизнь. Земля определяет твердость и непроницаемость тел. Вода — элемент, благоприятствующий сочетанию, связи частей тела. Воздух — элемент, доставляющий другим элементам необходимое для их движения пространство. В телах эти элементы взаимодействуют друг

⁷¹ П. Гольбах. Система природы, стр. 17.

⁷² Там же, стр. 19.

с другом, и это взаимодействие есть тот внутренний механизм, который порождает различные состояния вещества, различные состояния тел, которые выступают по отношению друг к другу попеременно как причины и следствия.

«Эти элементы, которые мы никогда не наблюдаем в чистом виде,—писал Гольбах,—находясь в непрерывном воздействии между собой, всегда действуя и противодействуя, всегда сочетаясь и разделяясь, притягиваясь и отталкиваясь, достаточны для объяснения образования всех наблюдаемых нами вещей; их движения возникают непрерывно друг из друга; они попеременно причины и следствия: они образуют, таким образом, обширный круг рождений и разрушений, сочетаний и разложений, который не мог иметь начало и никогда не имеет конца. Одним словом, природа есть необъятная цепь причин и следствий, беспрерывно вытекающих друг из друга»⁷³.

Французские материалисты подчеркивали необходимый характер причинной связи: определенная причина всегда вызывает определенное следствие. Признав всеобщность причинных связей и абсолютизируя необходимость причинных связей, они пришли к признанию всеобщей необходимости в природе, к предопределенности всего совершающегося, к фатализму. «...Все, что мы наблюдаем, необходимо или не может быть иначе, чем оно есть»,—писал Гольбах. Французские материалисты отрицали случайность в природе и свободу в поведении человека. В случайности они, как и Спиноза, видели субъективную категорию, результат незнания причин совершающихся явлений. «Мы пользуемся словом «случай»,—писал Гольбах,—чтобы прикрыть наше незнание естественной причины»⁷⁴.

Но отрицание случайности в природе низводит саму необходимость до уровня случайности. Раз все явления одинаково необходимы, то они все одинаково случайны. «Излишек едкости в желчи фанатика, разгоряченность крови в сердце завоевателя, дурное пищеварение у какого-нибудь монарха, прихоть какой-нибудь женщины — являются достаточными причинами, чтобы заставить предпринимать войны, чтобы посылать миллионы людей на бойню, чтобы разрушать крепости, превращать в прах города, чтобы погружать народы в нищету и траур, чтобы вы-

⁷³ Там же, стр. 23.

⁷⁴ Там же, стр. 44.

зывать голод и заразные болезни и распространять отчаяние и бедствие на длинный ряд веков» ⁷⁵.

Развиваемое французскими материалистами учение о причинности в природе в целом имеет материалистический характер, хотя и носит в себе момент механической ограниченности. Они считали, что причины всех явлений можно свести к механическим причинам — силам. Движение и изменение в мире сводились ими к некоторому вечному круговороту, состоящему в последовательном возрастании и убывании, возникновении и уничтожении, созидании и разрушении. «Таков постоянный ход природы; таков вечный круг, который вынуждено описывать все существующее» ⁷⁶, — писал Гольбах.

Французские материалисты не поднялись до понимания диалектики необходимого и случайного. Они отрицали объективность случайного и считали все явления одинаково необходимыми.

Несмотря на эту ограниченность, у французских материалистов имеются диалектические высказывания о самодвижении материи, о взаимодействии как истинной причине движения, о сцеплении причин и следствий.

Учение французских материалистов об естественной причинности, необходимости имело огромное прогрессивное значение в борьбе против теологических, схоластических концепций, отрицавших науку и общественный прогресс. Оно ориентировало науку на изучение самих явлений природы, их связей и взаимодействий. Оно изгоняло веру в бога, сверхъестественное, чтобы оставить место только для научного познания природы на основе познания ее причин.

Учение французских материалистов, и прежде всего их учение о материи, движении и причинности, было встречено со злобой и ненавистью церковниками. Сочинения французских материалистов изымались и подвергались публичному сожжению, «а сами они нередко близки к тому, чтобы попасть в Бастилию» ⁷⁷. Но, несмотря на гонения, преследования и травлю, материалистическое учение укреплялось, распространялось, играя прогрессивную роль в развитии естествознания и философии.

⁷⁵ П. Гольбах. Система природы, стр. 147.

⁷⁶ Там же, стр. 28.

⁷⁷ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 21, стр. 273.

Концепция причинности в немецкой классической философии XIX века

Значительный вклад в разработку диалектической концепции причинности с позиции объективного идеализма внес Гегель (1770—1831 гг.). Он считал, что все категории, как формы мышления, объективны. Критикуя Канта за субъективистское понимание логических категорий, за выхолащивание из них объективного содержания, Гегель писал, что «категории (например, единство, причина и следствие и т. д.) принадлежат мышлению как таковому, из этого все же отнюдь не следует, что они суть лишь наши определения, а не суть вместе с тем также определения самих предметов»⁷⁸. Категории, по Гегелю, не потому объективны, что они отражают объективные свойства, отношения и связи материального мира, как это утверждает материализм, а потому, что они сами по себе существуют объективно, как духи, как чистые мысли и составляют «воплощение», «душу» конкретных предметов.

Природа сама по себе, говорил Гегель, лишена причинных связей, причинность является лишь одним из моментов отношений, связей процесса развития абсолютного духа. «Мы должны,— писал он,— рассматривать природу как систему ступеней, каждая из которых необходимо вытекает из другой и является ближайшей истиной той, из которой она проистекла, причем, однако, *здесь нет естественного, физического процесса порождения, а есть лишь порождение в лоне внутренней идеи, составляющей основу природы*»⁷⁹.

В соответствии со своим диалектическим методом Гегель рассматривает категории не как разрозненные, изолированные понятия, а как систему развивающихся, взаимосвязанных и взаимопереходящих друг в друга понятий. Категории логически необходимо вытекают одна из другой, причем каждая низшая категория, т. е. более абстрактная и менее содержательная, входит как подчиненный момент в более высшую, т. е. более конкретную и более содержательную, категорию.

⁷⁸ Гегель. Сочинения, т. I. М., 1930 стр. 89.

⁷⁹ Гегель. Сочинения, т. II. М., 1934, стр. 28. (подчеркнуто мною.— Г. С.).

В гегелевском учении о движении понятий, категорий выражается в мистифицированной форме диалектика реальных вещей. «Гегель,— пишет Ленин,— гениально *угадал* диалектику вещей (явлений, мира, *природы*) в диалектике понятий». И далее: «именно *угадал*, не больше»⁸⁰.

Проблема причинности не занимает у Гегеля того важного места, которое она занимает в философии Юма и Канта. Подчеркивая эту мысль, Ленин спрашивает: «Почему?» и отвечает: «Да потому, что для него каузальность есть лишь *одно* из определений универсальной связи, которую он гораздо глубже и всесторонне охватил уже раньше, во *всем* своем изложении, *всегда* и с самого начала подчеркивая эту связь, взаимопереходы». И далее: «Очень бы поучительно сопоставить „*потуги*“ новозмпиризма (*respective* „физического идеализма“) с решениями, вернее, с диалектическим методом Гегеля»⁸¹.

Под причинным отношением, или просто причинностью, Гегель понимает отношение, связь причины и действия. Эта связь состоит в том, что причина порождает, производит действие. «*Причина* есть причина,— пишет он,— лишь постольку, поскольку она *порождает* некоторое *действие*; и причина есть не что другое, как это определение, состоящее в том, чтобы иметь некоторое действие, а действие есть не что другое, как то, что оно имеет некоторую причину»⁸².

Простейшим причинным отношением является формальная причинность, в которой причина и действие имеют одно и то же содержание. «*Действие... не содержит в себе вообще ничего такого, чего не содержит в себе причина*. И обратно, *причина не содержит в себе ничего такого, чего нет в ее действии*»⁸³.

Вследствие тождества содержания причины и действия формальная причинность, подчеркивает Гегель, представляет собой аналитическое предложение, т. е. представляет собой суждение, в котором содержание предиката может быть формально логически получено из содержания субъекта суждения. Это значит, что знание формальной

⁸⁰ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 178—179.

⁸¹ Там же, стр. 146.

⁸² Гегель. Сочинения, т. V. М., 1937, стр. 677 (подчеркнуто мною.— Г. С.).

⁸³ Там же.

причинности не расширяет нашего знания, не дает новых сведений и, по существу, является тавтологическим рассмотрением субъективного рассудка.

Положение о тавтологичности предложения, указывающего формальную причину того или иного действия, Гегель поясняет рядом примеров. Дождь есть причина сырости, сырость есть действие дождя. Дождь и сырость представляют собой одну и ту же воду, и различие между ними лишь в форме, в структуре организации содержания. Дождь есть вода, существующая в виде самостоятельных капель; сырость, влажность есть вода, содержащаяся в чем-то другом и лишенная самостоятельного существования. Но то и другое состояние одной и той же воды одинаково внешне, случайно по отношению сущности воды.

В приводимом Гегелем примере с дождем причинное отношение сводится к переносу определенного количества вещества — воды. В других примерах, приводимых им, причинное отношение представляет собой передачу определенного количества механического движения от одного тела к другому.

Нетрудно видеть, что гегелевская трактовка формальной причинности представляет собой по своему существу выражение законов сохранения вещества и механического движения, известных науке еще в XVIII в. Когда Гегель говорит, что дождь как причина и сырость как действие содержат в себе одну и ту же воду, то этим самым он выражает факт неуничтожимости данного количества воды. В случае воздействия толкающего тела на толкаемое причинное отношение выражает неуничтожимость механического движения; одно тело сообщает другому такое же количество механического движения, какое количество механического движения оно теряет. Учение Гегеля о формальной причинности имеет в основе своей материалистический принцип неуничтожимости вещества и механического движения, взятый Гегелем из физики его времени.

Формальная причинность носит в известном смысле механический характер. Причинность сводится к переносу в пространстве и времени некоторого тождественного самому себе содержания (определенного количества вещества, количества механического движения и т. п.). Переход от причины к действию носит линейный, однонаправленный характер. Содержание действия не зависит от внутренней природы тела, на которую действует причина, оно

всегда тождественно причине. Будет ли капля дождя падать на глинистую почву или асфальт, в том и другом случае образуется сырость, имеющая одинаковое содержание — воду и отличающаяся лишь формой.

Гегель сам подчеркивает ограниченность формальной причинности и обращает внимание «на недопустимое применение отношения причинности к обстоятельствам физико-органической и духовной жизни»⁸⁴. Эту же самую мысль Гегель выражает в «Философии природы» в следующих словах: «причинное отношение здесь (т. е. в области живого. — Г. С.) отпадает, как и вообще все рассудочные определения в области жизни уже не имеют силы»⁸⁵.

Почему же Гегель считает, что формальное отношение причинности неприменимо к живому и духовной деятельности?

Дело в том, что он ясно осознал, что воздействие на живое не может быть таким прямым и непосредственным, как, например, механическое воздействие одного бильярдного шара на другой. Всякое воздействие на живое преломляется через внутреннюю природу последнего, и поэтому действие зависит не только от содержания причины, но и внутренней природы живого. «...То, что действует на живое, — пишет Гегель, — самостоятельно определяется, изменяется и преобразуется последним, *ибо живое не дает причине дойти до ее действия*, т. е. упраздняет ее как причину»⁸⁶. Пища, например, не просто переносится в живой организм, подобно пуле, пронзающей живое, а преобразуется в соответствии с природой живого. Содержание того, что воздействует на организм, здесь иное, чем содержание усвоенного организмом, и поэтому воздействующее на живой организм находится в отношении причинности, понимаемой как отношение тождественных по своему содержанию причины и действия.

Гегель, однако, считает, что для процессов в живой природе, а также в общественной жизни допустимо отношение причины и действия, но в этом случае понятие причинность употребляется не в «собственном смысле слова». Здесь понятие причинности употребляется более широко, чем обычно. «И если мы все-таки хотим употреблять здесь

⁸⁴ Гегель. Сочинения, т. V, стр. 680.

⁸⁵ Гегель. Сочинения, т. II, стр. 379.

⁸⁶ Гегель. Сочинения, т. V, стр. 680,

эти категорий,— пишет Гегель,— мы должны извратить их природу, мы можем сказать, что живое есть причина самого себя»⁸⁷.

Забегая вперед, скажем, что для Гегеля понятие «причина самого себя» выражает категорию взаимодействия.

Итак, если в области механизма (механических процессов) действует формальная причинность, выражающаяся в том, что причина целиком и полностью, без всякого изменения, преобразования переносится в действие, то в области физико-органической природы и общественной жизни результат воздействия причины изменяется, преобразуется внутренней природой объекта, испытывающего внешнее воздействие.

Но и в этом последнем случае, т. е. и в процессах живой природы, и явлениях общественной жизни, «действие не может быть больше причины, ибо действие есть не что иное, как проявление причины»⁸⁸.

В связи с этим Гегель рассматривает примеры из истории, на первый взгляд противоречащие этому положению, когда, казалось бы, «из малых причин происходят большие действия». Гегель считает, что такая «малая» причина не является в действительности причиной, а всего лишь поводом, внешним по отношению к событию, без которого событие все равно произошло бы, или вместо этого повода нашлось бы бесконечное число других внешних поводов, могущих возбудить данную причину. Причина может быть без повода, но повод не может быть без причины.

Отношение причинности, в котором находятся две вещи, имеющие разные содержания и формы, Гегель называет определенным отношением причинности. Но так как причина и действие тождественны по содержанию и различны по форме, то, следовательно, разные содержания могут быть связаны внешним образом и не входят в отношение данной причинности. Две вещи, различные по содержанию, могут находиться в причинном отношении лишь постольку, поскольку в этом разном содержании имеется нечто тождественное, и эти вещи вовсе не находятся в причинном отношении, поскольку они не имеют в своем содержании этого тождественного.

⁸⁷ Гегель. Сочинения, т. II, стр. 379.

⁸⁸ Там же, стр. 686.

В. И. Ленин обращает внимание в «Философских тетрадях» на эти рассуждения Гегеля в труде «Наука логики» и делает выписку: «Так, например, движущийся камень есть причина; его движение есть некоторое обладаемое им определение, вне которого он содержит в себе еще многие другие определения цвета, формы и т. д., которые не входят в состав его причинности»⁸⁹.

Падающий камень гравитационными силами связан с Землей; обладая цветом, он связан с Солнцем и другими телами, испускающими свет; обладая определенной температурой, он связан с тепловыми процессами, происходящими вокруг него, и т. д. Однако из всей этой бесконечной совокупности связей тела в причинное отношение его как «падающего тела» входит лишь одно содержание — механическое движение. Другие свойства — оптические, тепловые и т. п. — не входят в данное причинное отношение и будут внешними по отношению к нему. Но эти свойства, определения будут входить в другие причинные отношения, а именно — те, содержание которых они составляют. Совокупность этих связей всех вещей реального мира составляет мировую, универсальную связь, и данное причинное отношение составляет лишь малую частицу этой всемирной связи. «Каузальность, обычно нами понимаемая, — делает вывод Ленин, — есть лишь малая частичка всемирной связи, но (материалистическое добавление) частичка не субъективной, а объективно реальной связи»⁹⁰.

Поскольку носителями причинного отношения являются конечные вещи, то причина и действие представляют собой конечные существования, тождественные по содержанию и различающиеся лишь формой. Каждая конечная субстанция, изменяясь, сбрасывает одну форму и заменяет ее новой, при этом в субстанции остается некоторый материальный субстрат, тождественный сам себе, обеспечивающий тождество содержания при изменении форм. Это отношение форм конечных вещей при неизменном субстрате образует бесконечную цепь причин и действий. Так образуется, говорит Гегель, прогресс, идущий от действия к причинам до бесконечности, и точно так же получается нисходящий прогресс, когда действие само определяется как причина, порождающая другое действие.

⁸⁹ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 144.

⁹⁰ Там же.

Нетрудно видеть, что представление Гегеля о существовании бесконечных цепей причинных связей выражает, с одной стороны, изменчивость, конечность единичных вещей и, с другой стороны, существование в вещах некоторого неизменного, тождественного самому себе субстрата. Для абсолютно неизменной вещи, т. е. вещи, у которой остается неизменным не только содержание, но и форма, не может возникнуть причинного отношения, как отношения разных форм. Если бы, далее, у вещи при смене форм не оставался бы некоторый субстрат, тождественный самому себе, то разные состояния, формы вещи также не могли быть в причинном отношении, как ничего общего не имеющие в своем содержании.

Каждая из конечных форм вещи является лишь звеном в бесконечной цепи причин и действия, попеременно сменяющих друг друга. Каждое из этих звеньев этой бесконечной цепи является одновременно и причиной, и действием. Однако причина есть действие не в том отношении, в каком она есть причина, а действие есть причина не в том отношении, в котором она есть действие. Дождь есть причина мокроты, мокрота есть действие, которое в свою очередь становится причиной, но другого явления — испарения. Мокрота является одновременно и действием и причиной: действием в отношении с дождем, причиной в отношении испарения. Дождь как причина утасает в сырости как действие, и вместе с угасанием причины утасает и действие.

Обычная, формальная причинность не идет далее противопоставления причины действию и действия причине как различных форм, связанных между собой так, что причина потухает в действии и тем самым потухает само действие. Вследствие этого возникает тождественность этих моментов, как единого в себе причины и действия, в котором соотношение формы внешне.

Если рассматривать отношение причинности не формально, т. е. в отношении отдельного случая, а в его движении, взаимопереходах от причины к действию и от действия к причине по цепи причинения, то мы увидим, что причина не только потухает в действии, но и вновь в нем возникает и что действие, исчезая в причине, вновь возникает в ней.

Дождь, вызвав сырость, не только упраздняет себя как причину, а сырость упраздняет себя как действие, но и,

испаряясь, сырость полагает себя как причину, а испарение — действие.

Диалектика движения от причины к действию, от действия к причине и т. д. отражает движение некоторого материального субстрата, заключенного в данной конечной вещи, от одной ступени организации к другой ступени, от этой другой к третьей и т. д. Движение отношения каузальности по существу своему есть история движения, развития материи, история перехода ее от одной ступени организации, структуры к другой ступени. «„Движение отношения каузальности“ = на деле: движение материи respective движение истории, улавливаемое, усвояемое в своей внутренней *связи* до той или иной степени широты или глубины...»⁹¹

Поскольку причина предполагает некоторое действие, то ее носителем является активная субстанция. Поскольку действие предполагается положенным причиной, то ее носителем является пассивная субстанция. Пассивная субстанция «испытывает», по выражению Гегеля, «насилие» активной субстанции. Это насилие есть внешняя мощь, в которой проявляется природа активной субстанции. Пассивное как субстанция есть лишь как некоторое «положенное», «надломленное», оно есть условие действия активного, а именно — некоторая действительность, которая есть лишь возможность.

Противопоставление активной субстанции пассивной не абсолютно, а относительно. Пассивная субстанция как субстанция в свою очередь оказывает действие на активную субстанцию, которое направлено против «первой действующей причины» и выступает в роли активной субстанции, а активная субстанция одновременно является и пассивной субстанцией. Отношение определенной причинности переходит в отношение взаимодействия.

Если дана причина, то «тем самым, — пишет Гегель, — дана... *другая субстанция*, на которую направлено действие. Как *непосредственная*, эта другая субстанция не есть соотносящаяся с собой отрицательность и не *активна*, а *пассивна*. Но как субстанция, она также и активна, снимает первоначально положенную непосредственность и положенное в нее действие; она реагирует, т. е. снимает активность пер-

⁹¹ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 144—145.

вой субстанции, которая, с своей стороны, снимает свое непосредственное состояние и действие, положенное в ней; эта первая субстанция снимает, следовательно, активность другой субстанции и также реагирует. Таким образом причинность переходит в отношение *взаимодействия*»⁹².

Бесконечная цепь причинных отношений, представляющих в конечной причинности дурно-бесконечный прогресс, поворачивается обратно и становится возвращающимся в себя бесконечным взаимодействием. Бесконечная цепь причинных связей подобна прямой линии, продолженной без конца в обе стороны наподобие окружности бесконечно большого радиуса. Подобно тому как, двигаясь по окружности от данной точки, мы возвращаемся к этой точке, подобно этому круговорот причинного отношения состоит в том, что оно возвращается к своему началу, действие возвращается к своему источнику. Причина и действие производят и причиняют друг друга взаимно, они взаимодействуют. Взаимодействие есть третья и высшая, истинная форма абсолютного отношения... «Ближайшим образом взаимодействие,— цитирует Ленин слова Гегеля,— представляется взаимной причинностью предположенных обуславливающих одна другую субстанций; каждая есть по отношению другой одновременно и активная и пассивная субстанция»⁹³.

Если в формальном отношении причинности причина и действие тождественны по содержанию и отличны лишь по форме, если в определенном отношении причинности находятся конечные вещи, имеющие разное содержание и различные формы и соотносятся между собой как имеющие некоторые тождественные субстраты, то в отношении взаимодействия вещи находятся как субстанции. Так происходит развитие понятия причинности, от абстрактного понятия формальной причинности через понятие определенной причинности к конкретному понятию — взаимодействию. «*Взаимодействие* есть... лишь сама причинность; причина не только *имеет* некоторое действие, а в действии она *как причина* находится в соотношении с самой собой. Благодаря этому причинность возвращается к ее абсолютному понятию...»⁹⁴

⁹² Гегель. Сочинения, т. I, стр. 257—258.

⁹³ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 145.

⁹⁴ Гегель. Сочинения, т. V, стр. 691—692.

Взаимодействие по Гегелю и есть сама истинная причинность, причинность в ее истинном, абсолютном понятии. Понимание причинности как взаимодействия снимает «дурную» бесконечность причин и действий, которая не может удовлетворить истинное человеческое познание. Вместе с тем Гегель подчеркивает недостаточность голого понятия «взаимодействие».

Основание взаимодействия Гегель ищет в понятии, в сфере абсолютного духа. Он превращает «понятие» в онтологическую категорию, которая существует сама по себе в качестве свободной сущности, отчуждающей от себя реальный материальный мир. Понятие субъекта превращается в самостоятельную сущность, в абсолютную самопознающую субстанцию. Такая точка зрения на «понятие», как подчеркивает сам Гегель, есть точка зрения абсолютного идеализма.

В гегелевском учении о причинности и взаимодействии ясно выражено противоречие между его диалектическим методом и идеалистической системой. Диалектический метод привел Гегеля к тому, что он открыл имманентную причину движения. Этот важный результат гегелевской диалектики был очищен от идеалистической шелухи и развит далее основоположниками марксистской философии. «Логика Гегеля, — пишет Ленин, — нельзя *применять* в данном ее виде, нельзя *брать* как данное. Из нее *надо вы брать* логические (гносеологические) оттенки, очистив от *Ideenmystik*: это еще большая работа»⁹⁵.

Фейербах подверг критике идеализм Гегеля, но он не сумел вскрыть жизненные стороны гегелевской диалектики и критически использовать их. Материализм Фейербаха в целом был ограниченным, метафизическим, механическим. Фейербах не понял роли революционно-практической деятельности человека, и поэтому его материализм носит пассивный, созерцательный характер. Признавая объективность причинных, закономерных связей в природе, Фейербах, как и все философы-материалисты до Маркса и Энгельса, стоял на идеалистических позициях при объяснении характера причин общественного развития.

Природа, по Фейербаху, «телесна, материальна, чувственна». Она не сотворена ни богом, ни абсолютной идеей, ни мыслящим субъектом; она всегда была, есть и будет,

⁹⁵ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 238.

она бесконечна. Причина существования и развития природы лежит в самой же природе. Положение Спинозы — «природа есть причина самой себя» — Фейербах целиком принимает. Природа, утверждает философ, «не существо, смастеренное, или созданное из ничего, а существо самостоятельное, объяснимое лишь из себя и производимое лишь из себя...»⁹⁶ Природу можно признать причиной самой себя только в том случае, если признать всеобщее универсальное взаимодействие. Все в природе «находится во взаимодействии, все относительно, все одновременно действие и причина, все в ней всесторонне и взаимно...»⁹⁷

Отправляясь от материалистического решения основного вопроса философии, Фейербах признает объективный характер категории причинности. Причинные связи в природе существуют объективно, и мы познаем их такими, какими они существуют сами по себе, в действительности. Мы, говорил философ, «соподчиняем явления и вещи природы друг другу в отношениях основания и следствия, *причины и действия* только потому, что и вещи фактически, чувственно, объективно, действительно стоят точно в таком же отношении друг к другу»⁹⁸.

Причинность, по Фейербаху, носит всеобщий и необходимый характер. В природе нет явлений, которые были бы изолированными, не обусловленными другими процессами. Ничего не происходит в ней без естественной необходимости. Любое явление необходимо происходит тогда, когда имеются причины и условия для его возникновения.

Представляет несомненный интерес рассуждение Фейербаха о соотношении необходимости и случайности, о соотношении закономерности поведения совокупности и закономерности поведения единичного. Необходимость, утверждает он, относится не к единичному, а к совокупности, к роду. Единичное, индивидуальное предоставлено действию случая. Закономерностью, например, является зависимость смертности детей от возраста. В более раннем возрасте детей наблюдается большая смертность, чем в более позднем возрасте. Этот закон относится к совокупности, но не к отдельному ребенку. Умрет ли этот или другой, или

⁹⁶ Л. Фейербах. Сочинения, т. III, М., 1926, стр. 190.

⁹⁷ Там же, стр. 109.

⁹⁸ Л. Фейербах. Сочинения, т. I, М., 1923, стр. 43 (подчеркнуто мною.— Г. С.).

третий ребенок в грудном возрасте — все это закон не предсказывает, так как эти события зависят от случайных причин. Случайное, по Фейербаху, хотя и причинно обусловлено, но не вытекает из закона, выражающего общее в явлениях данного рода. «...Случайно и данным законом не обусловлено, но зависит от других, случайных причин,— пишет он,— то обстоятельство, что умирает *этот определенный* ребенок, а остальные три или четыре остаются в живых»⁹⁹.

Но, несмотря на отдельные диалектические догадки в понимании причины как взаимодействия реальных вещей, Фейербах все же не поднялся до понимания единства и борьбы противоположностей, как внутреннего источника развития природы и общества. Он отрицал существование объективных противоречий в материальном мире. Единство противоположных определений возможно, говорил он, только в абстракции.

Фейербах признает объективность случайного. У него имеются интересные догадки о соотношении случайного и необходимого, но все же он не сумел подняться до диалектико-материалистического понимания случайности как формы и дополнения необходимости.

Фейербах ратовал за укрепление союза философии и естествознания. Союз философии и естествознания, основанный на их взаимной потребности и внутренней необходимости, плодотворно скажется, говорил он, и на развитии философии, и на развитии естествознания.

Фейербах сделал некоторые попытки изучить естествознание, однако задачу философского обобщения данных современных ему естественных наук он не сумел или, вернее, не мог выполнить.

Живя в течение 25 лет безвыездно в деревне, в стороне от активной общественной и культурной жизни, Фейербах прошел мимо великих научных открытий XIX в.: открытия закона сохранения и превращения энергии, появления эволюционной теории Дарвина, открытия клеточного строения живых организмов и т. д.

Отрыв Фейербаха от активной общественно-политической деятельности, отсталость от современного ему естествознания сказались на уровне его философских исследо-

⁹⁹ Л. Фейербах. Сочинения, т. II. М., 1926, стр. 417.

ваний вообще, на результатах анализа принципа причинности в особенности. Фейербах не смог, точнее не мог подняться в силу исторических условий Германии того времени до диалектико-материалистического взгляда на природу, который стал возможным в результате завоеваний естествознания XIX в. «Виноваты тут единственно жалкие немецкие порядки, благодаря которым философские кафедры замещались исключительно мудрствующими эклектическими крохоборами, между тем как Фейербах, бесконечно превосходивший всех их, вынужден был окрестьяниваться и прозябать в деревенском захолустье»¹⁰⁰.

Следующий, новый этап в развитии материалистической концепции каузальности начинается с возникновения марксизма, который объединил в высшем синтезе теорию материализма и идеи диалектики, создав подлинно научную, действенную философию — диалектический и исторический материализм. Обобщая опыт исследования проблемы причинности в истории философии и естествознании, критически преодолевая различного рода идеалистические и метафизические концепции каузальности, классики марксизма-ленинизма создали основы диалектико-материалистического учения о причинности.

¹⁰⁰ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 21, стр. 288.

ДИАЛЕКТИКО-МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРИЧИННОСТИ

Взаимодействие — основа причинной связи

Категория причинности, рассматриваемая в материалистической философии, отражает определенные свойства, стороны всеобщей связи, взаимообусловленности явлений реального мира. В ней возможны, по крайней мере, два различных подхода к анализу понятия причинной связи. Один из этих подходов основывается на представлении, что тела, предметы природы сами по себе косны и неподвижны и изменяют свое состояние покоя или состояние приданного им движения в результате внешних воздействий. Другой подход основывается на признании неразрывности материи и движения, на признании самодвижения материи. Согласно этой концепции, причинность есть производное понятие от понятия самодвижения материи.

С точки зрения первого подхода причиной движения, изменения тела, которое само по себе неподвижно, инертно, является воздействие на него другого тела, которое также косно и неподвижно и воздействует на первое тело лишь потому, что на него воздействует третье тело, и т. д. Так возникает «дурная» бесконечность причинного ряда, в котором причина движения тела переносится на второе тело, с этого второго на третье, четвертое и т. д. до бесконечности. Но такое представление не вскрывает истинную причину движения, не показывает его реальное основание, а лишь переносит трудность объяснения причинности с одного тела на другое. В самом деле, если причину движения данного тела надо искать в другом теле, которое становится причиной потому, что на него воздействует третье тело, и т. д., то из этого необходимо следует, что ни в одном из этих тел, ни в их совокупности не заключено достаточное основание для объяснения движения данного тела. Очевидно, что и признание бесконечности причинного ряда вещей не может слу-

жить достаточным для объяснения изменения природных явлений. Ведь движение предмета до тех пор остается необоснованным, пока не будет указано основание всей цепи причинных связей. На основе этой концепции, приводящей к «дурной» бесконечности причинного ряда, многие философы и естествоиспытатели (Аристотель, Декарт, Ньютон, Лейбниц, Кант и др.) находили аргументы в пользу утверждения о существовании сверхъестественных первопричин, приводящих тела в движение. Сами эти первопричины не нуждаются ни в каком внешнем воздействии и активны вследствие своей внутренней природы. Такой первопричиной объявлялся бог.

В диалектическом материализме исходным пунктом анализа понятия причинности является принцип самодвижения материи. Неотъемлемым свойством материи, вечным способом ее существования является движение. Нет материи без движения, как нет и движения без материи. Движение не привнесено в природу извне какой-либо сверхъестественной силой, а является ее внутренним, необходимым свойством.

Самодвижение материи мыслимо как взаимодействие вещей, явлений реальной действительности. Спинозовская «субстанция есть *causa sui* (причина самой себя.— Г. С.) прекрасно выражает взаимодействие»¹, — подчеркивает Ф. Энгельс.

Признание существования всеобщего универсального взаимодействия означает, что любая вещь так или иначе, прямо или косвенно воздействует на другие и в свою очередь испытывает воздействие, непосредственно или опосредованно, других вещей. Нигде и никогда не прерываясь, эта цепь связей и взаимодействий объединяет явления, вещи в единую целую систему.

Если бы существовали в природе абсолютно изолированные вещи, то они никак и никогда не проявляли бы свои свойства. Они не могли бы воздействовать прямо или даже опосредованно на наши органы чувств. Такие вещи были бы принципиально ненаблюдаемы и непознаваемы. Еще Гегель, критикуя кантовскую концепцию непознаваемых «вещей в себе», заметил, что вещи вне связи с другими вещами не существуют.

При обсуждении вопроса о всеобщем универсальном взаимодействии необходимо учитывать современные есте-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 546.

ственнонаучные представления о конечной скорости распространения воздействия в природе. На это можно возразить: если скорость распространения возмущений конечна, то вещь может взаимодействовать лишь с объектами, удаленными на определенное конечное расстояние, и не взаимодействует с другими, удаленными на большее расстояние. Это, конечно, верно. Не всякие конечные вещи взаимодействуют друг с другом. Однако нельзя игнорировать и то, что при всех изменениях конечных вещей материя не уничтожается и не возникает вновь, она существует вечно и вечно изменяет формы, в которых она проявляется. Из этого следует, что конечное взаимодействие конечных вещей имеет своей основой вечное взаимодействие отдельных частей материальной субстанции. Поэтому представляется обоснованным утверждение, что «Вселенная везде заполнена материей, так что достаточно изолированных областей вообще нигде не существует»².

Взаимодействие тел, явлений природы представляет собой сложное переплетение различных взаимных воздействий: во-первых, взаимодействие объектов одного и того же структурного уровня материи; во-вторых, взаимодействие различных структурных уровней (...метagalактика, галактика, звездные системы, небесные тела, макроскопические тела, молекулы, атомы, ядра атомов, элементарные частицы и т. д.). Луна, например, взаимодействует не только с другими телами Солнечной системы: Солнцем, Землей и другими планетами, но и с объектами других структурных уровней материи (звездами, галактиками и т. д.).

Совокупность всевозможных взаимодействий всех вещей, явлений природы составляет всеобщее универсальное взаимодействие, которое представляет собой движение материи. Поскольку движение материи имеет объективный характер, постольку и универсальное взаимодействие существует объективно, вне и независимо от сознания. Разные стороны, свойства этого всеобщего универсального взаимодействия отражаются в понятиях причинности, закономерности, необходимости, случайности и т. д. «Только исходя из этого универсального взаимодействия,— подчеркивает Ф. Энгельс,— мы приходим к действительному

² Д. Вебер. Общая теория относительности и гравитационные волны. Дополнение II. Гравитационные волны. М., 1962, стр. 247.

каузальному отношению»^{2а}. Совокупность взаимодействий данного объекта с остальными материальными телами того же структурного уровня материи, обуславливающая его движение, является его полной причиной.

Элементарной ячейкой, атомом всеобщего универсального взаимодействия является взаимодействие двух тел одного и того же структурного уровня материи: например, взаимодействие Солнца и Земли, взаимодействие двух молекул, электрона и позитрона и т. д.³

Взаимодействие вещей A и B состоит в том, что вещь A воздействует на вещь B , а вещь B воздействует на вещь A . Воздействие носит силовой, динамический характер. В естественных науках понятие воздействия конкретизируется в терминах «сила», «энергия», «импульс» и т. д.

В результате взаимного воздействия вещей A и B ($A \rightleftharpoons B$) происходит изменение этих вещей. A становится A^1 ($A \rightarrow A^1$), B становится B^1 ($B \rightarrow B^1$). Взаимодействие вещей ($A \rightleftharpoons B$) вызывает изменение этих вещей ($A \rightarrow A^1$, $B \rightarrow B^1$). Взаимодействие вещей A и B , вызывающее изменения этих вещей, есть причина. Изменение тел A и B , вызываемое их взаимодействием, есть следствие. Совокупность взаимодействий вещей A и B с другими вещами составляет условие действия данной причины.

В дальнейшем расчленении всеобщей универсальной связи можно, хотя бы в некоторых случаях взаимодействия A и B , абстрагироваться от обратного воздействия вещи B на вещь A и говорить об одностороннем действии A на B , в результате которого происходит изменение B . Здесь мы приходим к обыденному пониманию причинности как связи между воздействием одной вещи на другую и изменением этой второй вещи.

Итак, исходя из универсального взаимодействия, получаем два представления о причинной связи. Первое представление выражает необходимую связь между взаимодействием вещей и изменением этих вещей. Второе представление выражает связь между воздействием одного тела на

^{2а} Ф. Энгельс. Дialeктика природы.— К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 546.

³ Дialeктический характер взаимодействия раскрывается в работах: Б. М. Кедров. Энгельс и естествознание (1947); Э. В. Ильенков. Дialeктика абстрактного и конкретного в «Капитале» Маркса (1960); В. С. Украинцев. Отображение в неживой природе (1960), и др.

другое и изменением этого второго тела. Оба понятия отражают так или иначе определенные стороны реально существующих связей и взаимодействий явлений природы.

Многие из нас наблюдали, как при слиянии двух дождевых капелек образуется одна большая капля. Это можно не только наблюдать, но и легко воспроизвести данное явление. Слияние капелек при определенных условиях необходимо производит новую структуру и поэтому является ее причиной. Но слияние представляет собой не что иное, как взаимодействие исходных капель, в процессе которого части теряют свою самостоятельность и порождают новое явление. Таким образом, для объяснения и описания рассматриваемого явления необходимо учесть структуру, свойства и взаимодействие обоих сливающихся объектов.

В естественных науках оперируют также с представлением о причине как об одностороннем воздействии некоторого активного агента на данную вещь. В классической механике вводится понятие силы, действующей на тело и вызывающей изменение его движения. В термодинамике говорят о передаче теплоты от более нагретого тела к менее нагретому, в результате чего происходит нагревание последнего; в электростатике оперируют с представлением о передаче электрического заряда от одного тела к другому и т. д. Подобного рода представления о причине как об одностороннем воздействии одного тела на другое составляют, вообще говоря, огрубление, омертвление реальных живых связей явлений природы. «...Человеческое понятие причины и следствия,— писал В. И. Ленин,— всегда несколько упрощает объективную связь явлений природы, лишь приблизительно отражая ее, искусственно изолируя те или иные стороны одного единого мирового процесса»⁴.

В самом деле, допустим, что мы изучаем деформацию моста, которая вызывается проходящим по нему железнодорожным составом. Состав взаимодействует с мостом и образует с ним некоторую единую целую систему. Взаимодействие частей этой системы обуславливает изменение системы и ее частей. Таким образом, причиной изменения системы, состоящей из моста и железнодорожного состава, является взаимодействие этих объектов. Однако в процессе этого взаимодействия мост и состав не теряют своей инди-

⁴ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 160.

видуальности, и это создает возможность при изучении их поведения отвлекаться от их взаимного воздействия.

Если нас интересует деформация моста, то мы можем отвлекаться от воздействия последнего на железнодорожный состав, а воздействие состава на мост заменить силами, приложенными к мосту в точках касания колес. В инженерном деле при расчете мостов так и поступают: исходят из представления, что мостовая ферма испытывает внешние силовые воздействия, вызывающие ее деформацию и внутренние напряжения.

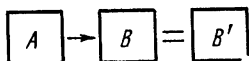
Подобного рода представления о причине как внешнем воздействии на объект, по существу, представляют собой отвлечение (в рамках той или иной теории) от взаимодействия объектов.

Для объяснения и описания реальных процессов необходимо представление о двух видах причин: причина как взаимодействие частей, сторон, тенденций материальной системы, вызывающее изменение этой системы, и причина как одностороннее воздействие одного объекта на другой объект, производящее изменение последнего.

Общим для обоих представлений о причинной связи является то, что причина производит, вызывает свое следствие.

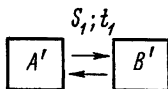
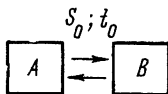
Схематически их можно изобразить следующим образом.

Первое представление:



Воздействие A на B есть причина, вызываемое этим воздействием изменение B есть следствие. Изменение B состоит в переходе из начального состояния в состояние B' .

Второе представление:



Взаимодействие A и B есть причина, вызывающая изменение A и B . В процессе взаимодействия A и B составляют целую систему, которая из начального состояния S_0 в момент t_0 переходит в состояние S_1 в момент t_1 . Иначе говоря: внутреннее динамическое взаимодействие в системе S есть причина, обуславливающая переход системы из одного состояния в другое.

Структура причинных связей.

Причина как взаимодействие внешнего с внутренним

Рассмотрим структуру причинной связи ^{4а} понимаемой как одностороннее воздействие одного тела на другое. Тело — носитель причины выступает как активное начало, действие которого переходит на другой предмет. Тело — носитель следствия выступает в роли «пассивного» начала, претерпевающего изменения в результате воздействия другого, внешнего по отношению к нему тела.

Вещи, являющиеся носителями причинной связи, могут иметь в общем случае разные свойства. Но, обладая различными свойствами, они обязательно имеют нечто общее. Вещи, не имеющие между собой никаких общих элементов, т. е. того, что может быть передано от одной к другой, не могут быть в причинном отношении. Солнце и освещаемый им камень имеют разные структуры и свойства. Но, находясь в причинном отношении, они имеют нечто общее, передающееся от одного тела к другому. Таким общим являются те частицы света, которые Солнце теряет, а камень приобретает. Эти частицы — фотоны, передающиеся от Солнца к камню, — и есть те материальные элементы, которые связывают их в причинном отношении. В других случаях одно тело сообщает другому некоторый электрический заряд, некоторое количество теплоты, вещества. Во всех этих случаях передачи материи и движения от одного тела к другому соблюдаются соответствующие законы сохранения (массы, энергии, заряда, импульса и т. д.).

^{4а} Логический анализ понятия связи дается в работах А. А. Зиновьева: «К определению понятия связи». — «Вопросы философии», 1960, № 8; «Логическое строение знаний о связи». — Сб. «Логические исследования», М., 1961.

Воздействие активной субстанции на «пассивную» может быть опосредовано какой-нибудь материальной средой, которая выступает в роли передатчика воздействия.

Согласно современным естественнонаучным представлениям, опосредованное воздействие одного тела на другое осуществляется при помощи некоторого материального агента, передающегося от первого тела ко второму с конечной скоростью, не превышающей скорость света.

Вся совокупность данных современной науки и практики подтверждает истинность утверждения теории относительности о невозможности сверхсветовых сигналов. Вместе с тем в современной физике элементарных частиц обсуждается вопрос об экспериментальной проверке этого утверждения в области сверхмалых пространственно-временных интервалов ($l \sim 10^{-14}$ см и меньше, $\tau \approx 10^{-25}$ сек и меньше)⁵.

Если будут открыты процессы, распространяющиеся в пространстве со сверхсветовой скоростью, то это приведет к дальнейшему изменению наших представлений о пространстве и времени. Однако физическая теория таких процессов (разумеется, если они будут открыты), включающая в себя специальную теорию относительности как предельный случай, не может игнорировать фундаментального положения материалистической философии о пространстве и времени, как об объективных формах существования материи.

Процесс опосредованного причинения состоит из следующих трех моментов: 1) выделение активной субстанцией некоторого материального агента; 2) движение этого агента от активного тела к «пассивному» с конечной скоростью; 3) непосредственное воздействие материальной структуры на «пассивное» тело.

Изучение процессов испускания, распространения и непосредственного воздействия материальной структуры на «пассивное» тело является задачей конкретного научного исследования. Так, например, согласно современным

⁵ См., напр., Д. И. Блохинцев. Об обоснованности специальной теории относительности опытами в области физики высоких энергий.— «Успехи физических наук», 1966, 89, вып. 2; В. С. Барашенков. Структура пространства и времени в физике микромира. М., 1966.

научным представлениям, образование частиц света испускаемых Солнцем, объясняется внутренними взаимодействиями. И как бы ни изменилось наше представление о природе солнечного излучения, одно несомненно: что доходящий до Земли свет Солнца есть результат огромной деятельности, освобождающей в течение многих миллиардов лет внутри Солнца соответствующую энергию⁶.

Процесс непосредственного воздействия частиц света на предмет представляет собой взаимодействие этих частиц с микрочастицами предмета, в результате которого происходит изменение предмета. Материальный объект, перемещаясь от тела — носителя причины к телу — носителю следствия, взаимодействует, вообще говоря, с окружающей средой. Так, свет слегка отклоняется в результате взаимодействия с тяготеющими массами, рассеивается на частицах межзвездной материи и т. д. Однако во многих случаях взаимодействием объекта,двигающегося от тела-причины к телу-следствию, можно пренебречь и говорить о его свободном движении, обусловливаемом его внутренним состоянием. Так, движение электромагнитных волн от источника излучений к данному телу в пустоте и в достаточно далеком удалении от тяготеющих масс может рассматриваться как свободное и обусловливаемое его внутренней природой.

Таков внутренний «механизм» причинения в данном конкретном случае. Во многих других случаях этот «механизм» будет такого же типа.

Материальный агент, переносящий воздействие, содержит в себе информацию о структуре и свойствах активной субстанции. Эта информация передается «пассивному» телу. По изменению пассивной субстанции мы можем в большей или меньшей степени судить о свойствах, структуре активной субстанции⁷.

Изменения в «пассивном» теле зависят не только от характера внешнего воздействия, но и от внутренней природы «пассивного» тела, а также среды, опосредующей воздействие первого на второе. В том случае, когда тело воздействует на другое непосредственно, путем контакта, изменения, вызываемые в «пассивном» теле, зависят как от внутренней природы воздействующего тела, так и от

⁶ См. С. И. Вавилов. Глаз и Солнце. М., 1956, стр. 79.

⁷ Подробнее см. В. С. Тюттин. О природе образа. М., 1962.

внутренней природы тела, испытывающего это воздействие.

Такое представление о причине, выражающее ее диалектическую сущность, противоположно тому пониманию, согласно которому активным считается лишь тело, являющееся причиной. Другое же тело — носитель следствия — при этом рассматривается как совершенно пассивный объект, претерпевающий изменения, которые целиком определяются внешним воздействием. Между тем в реализации причинной связи этому второму телу, носителю следствия, должна быть отведена активная роль.

Если известна только природа активного тела, то мы не можем однозначно предсказать результат его действия. В природе этого тела содержатся различные возможности, из которых реализуется лишь одна возможность, как только активное тело соотнесено с определенным «пассивным» телом. Только природа активного и «пассивного» тел, взятых вместе, определяет с необходимостью результат воздействия первого на второе. Огонь, например, может согреть, растопить, испарить, зажечь, засушить и т. п. в зависимости от природы тела, испытывающего воздействие его лучей. Как только огонь соотнесен с телом определенной природы, так становится необходимым результат его воздействия. Известно, что огонь не охлаждает камень, а нагревает его, не замораживает воду, а плавит лед и т. д.

Природа активного и «пассивного» тел вместе при данных обстоятельствах с необходимостью определяет результат воздействия первого тела на второе.

Причина изменения тела лежит не только во внешних факторах, не только во внутренних свойствах тела, а одновременно в том и в другом. Учет взаимодействия внешнего и внутреннего позволит правильно понять причину явления. Это справедливо не только в отношении предметов неживой природы, но и в большей степени является необходимым условием познания причин процессов живой природы, мышления и общественной жизни.

Ощущения, например, представляющие результат воздействия внешних объектов на наши органы чувств, зависят не только от характера внешних воздействий, но и от внутренней природы человека⁸. Задача познания состо-

⁸ См. С. Л. Рубинштейн. О мышлении и путях его исследования. М., 1958.

ит в том, чтобы на основе совокупного восприятия объекта выделить ту часть, которая целиком определяется природой исследуемого объекта. Эта задача решается в процессе поступательного развития человеческого знания, в ходе которого познается внутренняя природа вещей.

На необходимость введения в теорию и практику медицины понятия причины как взаимодействия внешнего и внутреннего указывают И. В. Давыдовский и В. Н. Сагатовский⁹. Действительно, то или иное заболевание зависит не только от характера внешних воздействий (физического, химического, биологического), но и от внутреннего состояния организма. Известно, например, что укус комаров-анофелес не всегда приводит к заболеванию малярией. Исследования показали, что эти комары передают из крови больного в кровь здорового человека некоторые простейшие (плазмодий), являющиеся возбудителями малярии. Но организм человека вырабатывает вещества, отрицательно воздействующие на плазмодий, которые у одних людей оказываются более сильными, чем плазмодий, а у других, наоборот, плазмодий подавляет свои контрагенты. Для познания причин заболевания человека необходим анализ как природы внешнего воздействия (экология), так и свойств заболевшего организма (иммунность, возраст, вид, конституция и т. д.).

Таким образом, причинная связь в случае одностороннего воздействия одного тела на другое состоит в том, что внешнее воздействие преломляется через внутреннюю природу тела, испытывающего это воздействие, и изменение последнего определяется как его внутренней природой, так и свойствами воздействующего на него тела. Это значит, что активным является не только тело, воздействующее на другое, но и тело, испытывающее это воздействие. Разграничение тел на активные и «пассивные» даже в случае одностороннего воздействия всегда относительно и условно, и поэтому термин «пассивное» берется в кавычки.

В случае одностороннего воздействия одного объекта на другой причина в своей истинной сущности выступает в форме взаимодействия внешнего и внутреннего.

⁹ И. В. Давыдовский. Проблемы причинности в медицине. М., 1962; В. Н. Сагатовский. К уточнению содержания категории «причина». — «Ученые записки Томского государственного университета», 1964, № 52.

Причина как внутреннее взаимодействие вещей, элементов, тенденций

Современному естествознанию известны, однако, случаи, когда представление о причине как отношении внешнего и внутреннего оказывается недостаточным, и в этих условиях необходимо введение понятия причины как внутреннего воздействия вещей, элементов, вызывающего изменение системы, целого.

В химии, например, хорошо известно, что некоторые основные окислы, взаимодействуя с водой, образуют соответствующие щелочи. Что является причиной образования молекулы щелочи в этом случае? Если под причиной понимать связь явлений, состоящую в том, что одно явление вызывает другое, то причиной образования молекулы щелочи мы должны считать то, что производит эту молекулу. Но очевидно, что молекула щелочи не производится в отдельности ни молекулой основного окисла, ни молекулой воды.

Неправильно думать, будто молекула воды, воздействуя на молекулу основного окисла, изменяет последнюю и превращает ее в молекулу щелочи или, наоборот, молекула основного окисла, действуя на молекулу воды, преобразует ее в молекулу щелочи. Нет, образовавшаяся молекула щелочи представляет собой результат внутреннего взаимодействия молекулы основного окисла и молекулы воды.

В отличие от механического воздействия (например, двух шаров) химическое воздействие касается внутренней структуры взаимодействующих частей. Если в случае рассмотрения соударяющихся шаров можно отвлекаться от обратного воздействия второго шара на первый и говорить, что воздействие первого есть причина изменения движения второго, то в рассматриваемой химической реакции уже нельзя абстрагироваться от обратного воздействия одного вещества на другое и неправильно считать, что вода есть причина основания или основание есть причина воды. В подобного типа химических процессах причина, порождающая следствие, выступает не в форме одностороннего воздействия одной вещи на другую, а в форме взаимного воздействия вещей.

Современная наука явно демонстрирует ограниченность обычного представления о причинной связи как од-

ностороннем воздействии одной вещи на другую и необходимость замены его другим, более содержательным понятием, глубже отражающим сложную диалектическую природу связи причины и следствия.

Если причинная связь состоит в том, что одно явление вызывает другое явление, то мы должны признать недостаточность представления об одностороннем воздействии для выражения причины явлений и ввести понятие взаимодействия как причины явлений¹⁰. Уже классическая физика показала, что все механические причины — силы — носят характер взаимодействия. Гравитационные силы представляют собой взаимодействие тел на расстоянии. Силы упругости — это силы, возникающие при непосредственном соприкосновении макроскопических тел и обусловленные их деформацией. Такие силы возникают, например, при растяжении пружины, при прогибе балки и т. д. Силы трения возникают при непосредственном соприкосновении тел, но обусловлены они не общей деформацией соприкасающихся тел, а процессами, происходящими непосредственно около поверхности соприкосновения. Такие силы возникают, например, при скольжении одного тела по другому.

В кибернетике наряду с представлением об одностороннем воздействии одной вещи на другую оперируют понятием причины, как взаимодействием частей, обуславливающим изменение всей системы. «Кибернетику особенно интересует случай..., при котором обе части воздействуют друг на друга»¹¹.

Особенно явно необходимость введения в науку понятия причины в смысле взаимодействия сказывается в физике микромира.

В квантовой физике утвердилась идея о том, что явления атомного масштаба обуславливаются взаимодействием микрообъектов, которые могут осуществляться как

¹⁰ Понятие причины как взаимодействия вводится и обосновывается в наших работах: «Причинность и связь состояний в микропроцессах». — «Вопросы философии», 1959, № 6; Причина и следствие. — Сб. «Вопросы диалектического материализма». М., 1960; «Категория причинности в физике». М., 1961. Это представление о причинности решительно пробивает себе дорогу в нашей литературе. См., напр.: А. Спиркин. Курс марксистской философии. М., 1964, стр. 181; А. Шенгулин. Диалектический материализм. М., 1965, стр. 153—154, и др.

¹¹ У. Р. Эшби. Введение в кибернетику. М., 1959, стр. 82.

непосредственно, так и опосредованно, при помощи других частиц, передающих воздействие от одной частицы к другой и от этой второй к первой. Так, ядерные силы объясняются в современной физике опосредованным взаимодействием нуклонов при помощи обмена виртуальными пи-мезонами. Это взаимодействие в современной физике представляется так: один нуклон испускает виртуальный пи-мезон, который поглощается другим нуклоном, и, наоборот, второй нуклон испускает виртуальный пи-мезон, поглощаемый первым нуклоном. Так, на основе представления об обмене виртуальными пи-мезонами осуществляется моделирование взаимодействия между частицами атомного ядра.

Хотя вопрос о сущности виртуальных частиц в настоящее время в науке продолжает обсуждаться¹², однако сама попытка объяснить взаимодействие элементарных частиц при помощи понятий, выражающих противоположные тенденции (испускание и поглощение), весьма знаменательна.

Особенно наглядно диалектический характер причины проявляется при взаимодействии частицы с античастицей. Современная физика показывает, что каждой элементарной частице соответствует своя античастица: электрону, например, соответствует позитрон, протону — антипротон и т. д.

В результате взаимодействия, возникающего при столкновении частицы и античастицы, порождаются другие частицы. Например, при столкновении электрона и позитрона порождаются фотоны. Причина, порождающая фотоны, носит характер не одностороннего внешнего воздействия, а взаимодействия противоположностей (частицы и античастицы). Эта причина порождает новое явление, отличающееся от взаимодействующих частиц. Если электрон и позитрон имеют массы покоя, обладают электрическими зарядами, магнитными моментами, то фотоны не имеют массы покоя (так называемой собственной массы), не обладают также зарядом. Взаимодействие других частиц и античастиц во многом напоминает превращение пары «электрон — позитрон» в фотоны. Современная физика

¹² Философский анализ понятия виртуального процесса проведен в книге В. С. Готт. Философские вопросы современной физики. М., 1967, стр. 120—131.

при объяснении микропроцессов не может обойтись без понятия взаимодействия как причины явлений. Только причина, понимаемая как взаимодействие, может объяснить истинный источник движения, развития в природе и обществе. Познавание конкретного «механизма» взаимодействия в каждом частном случае является задачей специальных наук.

Понятие об одностороннем воздействии обычно фигурирует в феноменологических теориях, описывающих результаты взаимодействия, но не объясняющих их. Так, например, для описания тепловых процессов в термодинамике оказывается достаточным представление о передаче теплоты от более нагретого тела к менее нагретому, без объяснения механизма этой передачи. Однако для объяснения термодинамических процессов в статистической физике приходится вводить представление о взаимодействии огромного числа движущихся молекул или других частиц, из которых состоят окружающие нас тела.

Кажется логичным утверждение, что если какая-либо естественнонаучная теория основывается на представлении об одностороннем воздействии одного объекта на другой, игнорируя идею взаимодействия, то эта теория является феноменологической и ждет своего объяснения на основе более глубоких концепций, опирающихся на идею взаимодействия.

Понятие взаимодействия как причины не тождественно обычному понятию взаимодействия причины и следствия. Взаимодействие причины и следствия в обычном понимании причинности выражает то, что явление A воздействует на B и вызывает его изменение. Взаимодействие как причина выражает то, что взаимодействие A и B ($A \rightleftharpoons B$) вызывает изменение этих вещей (A становится A^1 , B становится B^1).

Если в основе представления о взаимодействии причины и следствия лежит понятие о причине, как об одностороннем внешнем воздействии одного тела на другое, то в основе понятия взаимодействия, как о причине, лежит представление о взаимном внутреннем воздействии частей (тел), вызывающем движение, изменение целого (системы тел).

Следует отметить, что в представлении о взаимодействии причины и следствия в строгом смысле речь идет о взаимодействии объектов, являющихся носителями причи-

ны и следствия. Попадание пули является причиной смерти животного. Здесь попадание пули в организм животного есть причина, смерть — следствие. Попадание пули воздействует на животное, но очевидно, что его смерть не воздействует на попадание пули. Взаимодействие происходит между пулей (носитель причины) и животным (носитель следствия). О взаимодействии причины и следствия можно говорить, но в некотором другом смысле, отличающемся от строгого смысла этого слова. Причина, вызывая следствие, изменяет себя как причину. Летящая пуля, воздействуя на животное, изменяет свое движение. В этом смысле следует говорить о взаимодействии причины и следствия также в случае, когда термин «причина» употребляется в смысле взаимодействия объектов. Взаимодействие камня с Землей заставляет камень и Землю двигаться навстречу друг другу, в результате чего происходит изменение их гравитационного взаимодействия. И здесь причина, вызывая следствие, изменяет себя как причину.

Истинной структурой того механизма, в котором причина производит свое следствие, является взаимодействие элементов системы, вызывающее изменение системы. В качестве взаимодействующих элементов могут выступать вещи, явления, свойства, тенденции и т. д.

Условие и причина, необходимость и всеобщность причинных связей

Результат, производимый причиной, зависит от условий, а условия — это совокупность взаимодействий данного тела с другими телами, за исключением взаимодействия его с телом, с которым оно находится в причинном отношении. Тело, свободно падающее на поверхность Земли, испытывает гравитационное воздействие Земли, Луны, Солнца и других небесных тел, на него воздействуют воздух, ветер и т. д. Гравитационное взаимодействие с Землей, вызывающее падение камня, является причиной этого явления. Остальные динамические факторы, воздействующие на тело, образуют его условия.

При одних условиях данная причина C вызывает явление E , при других — та же самая причина C вызывает явление E' . Если условия будут варьироваться, то будут изменяться и вызываемые данной причиной следст-

вия. Представим, что мы стреляем из одного и того же ружья абсолютно идентичными патронами. Ружье жестко закреплено в станке. Спуск курка производится автоматически строго одним и тем же способом. После каждого выстрела ружье приводится в строго первоначальное состояние. Хотя причина — взрыв пороха — остается неизменной, однако после нескольких выстрелов мы убедимся, что пули не попадают в одну точку, они поражают разные места мишени. Это объясняется изменением условий во время полета пули от места выстрела до мишени: изменение движения воздуха, ветра, колебание фундамента, на котором стоит станок, и т. д. Одна и та же причина, воздействуя на один и тот же объект, производит при разных условиях разные следствия.

Легко видеть, что различие между условием и причиной имеет не абсолютный, а относительный характер. Каждое условие в определенном отношении является причиной, а каждая причина в соответствующем отношении — условие. Так, воздействие ветра вызывает отклонение движения пули по параболе и является в этом отношении причиной. Тогда все остальные связи, в том числе воздействие пороховых газов на пулю в момент выстрела, будут условиями этой причины. Причина есть динамический фактор, производящий данное явление. Условия же, хотя и влияют на поведение вещи, но не производят данного изменения, вызываемого причиной. Условие изменяет поведение вещи в другом отношении, но это изменение сказывается на эффекте, вызываемом данной причиной. Упругие напряжения, например, вызываемые в теле данной нагрузкой, существенно зависят от температурных условий, варьирование которых изменяет физические свойства тела, что сказывается в конце концов на распределении внутренних напряжений в данном теле.

Можно было бы сказать, что всякая причина является в определенном отношении условием, а всякое условие в другом отношении может быть причиной. Однако в фиксированном отношении разграничение причины и условия определено. Причина есть относительно активный фактор, производящий данное следствие. Условие есть относительно пассивный фактор, влияющий на результат, вызываемый причиной, но не являющийся причиной этого следствия.

Некоторые авторы отождествляют причину с совокуп-

ностью всех условий, необходимых и достаточных для того, чтобы произошло данное явление. Милль, например, считает, что «причина есть полная сумма положительных и отрицательных условий явления, взятых вместе, вся совокупность всякого рода случайностей (contingencies), наличность которых неизменно влечет за собой следствие»¹³.

В таком определении игнорируется различие между относительно активными и относительно пассивными связями. Каждое явление рассматривается как следствие огромного числа явлений, имеющих различное значение. Так, в понятие причины падения тела мы должны были бы включить не только взаимодействие тела с Землей, но и его взаимодействие с Солнцем, Луной и всеми другими небесными телами, включить также отсутствие всякого рода связей, препятствующих падению. В состав причины мы должны включить и такие условия: удельный вес воздуха должен быть меньше удельного веса тела, гравитационная сила между телом и Землей больше гравитационной силы между этим телом и Солнцем и т. д.

Игнорирование реального различия относительно активных и относительно пассивных фактов создает определенные трудности для познания и практического использования объективных связей, так как не акцентирует внимание на том, что производит, вызывает при данных условиях явления. Эта трудность снимается в данном нами определении зависимости причинных связей от условий, в котором разграничены факторы относительно активные (причины) и относительно пассивные (условия).

К миллевскому определению причины непосредственно примыкает кондиционалистическая концепция М. Ферворна, заменяющая причины условиями.

«Понятие причины,— писал Ферворн,— есть мистическое понятие, происходящее из первобытной фазы человеческого мышления. Строго научный метод изложения не знает никаких „причин“, а только закономерные зависимости... Закономерный процесс или состояние никогда вполне точно не определяется „одной исключительной причиной“, но всегда суммой условий, которые все равноценны, потому что они равно необходимы. Каузальная

¹³ Дж. Ст. Милль. Система логики силлогической и индуктивной. М., 1914, стр. 299.

закономерность есть умозрительная мистика, кондициональная закономерность есть опыт»¹⁴.

Верно, что поведение вещи необходимо определяется совокупностью условий. Но неверно на основе этого делать вывод, что все условия играют одинаковую роль в процессе изменения вещи. Опыт, практика как раз и свидетельствуют о том, что одни условия производят явления, другие же условия таким свойством не обладают. Неверно также утверждать, будто принцип причинности требует непременно признания, что каждое явление имеет непременно одну единственную причину. Изменение объема тела, например, может быть вызвано одовременно различными тепловыми и механическими воздействиями. Эти различные факторы могут воздействовать на тело в одном направлении, усиливая действие друг друга, они могут воздействовать в разных направлениях, ослабляя действие друг друга, могут, наконец, полностью компенсировать друг друга, не вызывая суммарно эффекта.

При фиксированных условиях причинные связи, во всяком случае в макроскопической области, имеют необходимый характер. Это значит, что одинаковые причины при строго определенных обстоятельствах производят одинаковые следствия.

Если бы в природе было так, что при одинаковых условиях абсолютно идентичные предметы вели себя по-разному, то, как это справедливо заметил И. Бернулли, «вся природа была бы ввергнута в беспорядок»¹⁵. Мир представлял бы собой совокупность абсолютно случайных, не связанных друг с другом явлений, когда каждое явление могло бы порождать любое другое явление.

«И на деревьях плоды не имели бы стойкого вида,
Но изменялись бы все произвольно на дереве каждом»¹⁶

В этом случае были бы невозможны ни предвидение, ни практическая деятельность людей, ни сама жизнь.

В самом деле, если бы при одинаковом нагревании идентичные куски металла вели себя по-разному (то расширялись, то сужались, то плавились или не плавились

¹⁴ М. Ферворн. Вопрос о границах познания. СПб., 1909, стр. 25.

¹⁵ Цит. по книге Э. Мейерсон. Тождественность и действительность. СПб., 1912, стр. 2.

¹⁶ Лукреций. О природе вещей. М., 1958, стр. 30.

и т. д.), то невозможно было бы ни предвидеть поведение металла при изменении его температурного режима, ни использовать его в целях и нуждах человека.

Если бы одни и те же условия по-разному воздействовали на идентичные организмы (то стимулировали жизненные процессы, то тормозили и даже убивали их), то в этом случае живое существо не смогло бы существовать, на каждом шагу его ждали бы непредвиденные обстоятельства, чреватые смертельной опасностью.

Практическая деятельность людей, целенаправленное воздействие человека на природу при помощи орудий производства возможны лишь постольку, поскольку одинаковые условия порождают одинаковые эффекты.

Все современное естествознание, во всяком случае изучающее макрообъекты, существенно опирается на представление о том, что одинаковые причины при идентичных обстоятельствах производят одинаковые следствия. В области классической механики одинаковые силы, воздействуя на тела одинаковой массы, вызывают одинаковые ускорения, в теории упругости одни и те же внешние воздействия на одинаковые предметы вызывают у них одинаковые деформации, в области классической электродинамики одинаковые источники токов и зарядов, помещенные в идентичные среды, производят электромагнитные поля одинаковой напряженности и т. д. Успех практической деятельности, основанной на этих представлениях, свидетельствует о том, что они адекватны самой природе вещей реального мира.

«Действительно, я думаю, мы все согласны с Ньютоном,— писал Н. Бор,— самый глубокий фундамент науки — это уверенность в том, что в природе одинаковые явления наступают при одинаковых условиях»¹⁷.

Конечно, представление об абсолютной идентичности условий является абстракцией. В природе нет даже двух одинаковых листов, а если бы они были, то они бы составляли, как это справедливо заметил еще Лейбниц, один лист. В природе не существует также и двух предметов, которые имели бы абсолютно идентичные условия. Более того, один и тот же предмет не может дважды находиться в одинаковых условиях. Ведь условия каждого предмета

¹⁷ Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание. М., 1961, стр. 22.

представляют собой воздействия других предметов, которые, как и данный предмет, находятся в движении, изменении.

Тем не менее представление об идентичности обстоятельств не лишено объективного содержания и играет существенную роль в познании явлений, в процессе вскрытия их причинных, закономерных связей. Существуют группы явлений, предметов, которые различаются не существенными признаками, свойствами, но схожи друг с другом в основном, в главном, что определяет сущность предмета и делает его предметом данного класса. Абстрагируясь от несущественных свойств и вскрывая существенные свойства, общие той или иной совокупности предметов, мы получаем возможность говорить о различных предметах данной совокупности как об одном и том же предмете — и, наоборот, любой предмет совокупности мы можем рассматривать как представителя всей совокупности.

Тела, свободно падающие в поле земного тяготения, отличаются формой поверхности, удельным весом, теплоемкостью, теплопроводностью, степенью нагретости и т. д. Однако все эти свойства несущественны, в известном смысле они являются внешними для свободно падающего тела. Существенными свойствами, определяющими в основном характер движения свободно падающего тела, являются масса инертная и масса гравитационная, выражающие его свойства инертности и гравитационного взаимодействия с Землей¹⁸.

Абстрагирование от несущественных различий позволяет вскрыть закон, выражающий необходимую тенденцию явления. Если бы мы попытались учесть все различия в вещах и их условиях, вызывающие то или иное движение, то мы никогда не обнаружили бы закон движения. Для каждого случая движения, даже простейшего, мы имели бы свои неповторимые условия.

Вещи, одинаковые в главном, основном, находясь в относительно одинаковых условиях, ведут себя в главном одинаково. Желуди, посаженные в землю, дают ростки дуба, а не кукурузы или ячменя.

То, что вещи, имеющие одинаковую сущность, находясь

¹⁸ Согласно современным физическим представлениям масса инертная и масса гравитационная количественно равны.

в относительно тождественных условиях, ведут себя в основном одинаково, позволяет нам отличать вещи одного вида от вещей другого вида. «Образование (абстрактных) понятий и операции с ними, — подчеркивает В. И. Ленин, — уже включают в себе представление, убеждение, сознание закономерности объективной связи мира. Выделять каузальность из этой связи нелепо» ¹⁹.

Если учесть отсутствие в реальном мире даже двух тождественных явлений, то необходимый характер причинных связей следует понимать как выражение того, что с уменьшением различий между причинами и условиями будет уменьшаться различие между вызываемыми ими эффектами. В предельных случаях, когда причины и условия будут идентичны, будут идентичны и следствия.

«Если два организма тождественны или просто подобны, то это подобие, — утверждал А. Пуанкаре, — не могло произойти случайно, и мы можем утверждать, что они жили в одинаковых условиях» ²⁰.

Из необходимого характера связи причины со своим следствием вытекает вывод: если заведомо одинаковые причины вызывают различные следствия, то они действуют при различных обстоятельствах; если причины, действующие при одинаковых обстоятельствах, производят различные следствия, то действующие причины различны.

Необходимый характер причинных связей тесно связан с однородностью времени и пространства и изотропностью пространства. Если одно и то же воздействие, например воздействие парового молота на болванку, будет одинаковым, независимо от того, будем ли мы производить это действие сегодня или завтра, то отсюда следует, что время однородно относительно причинных связей. Конечно, за это время может измениться и молот, и болванка, однако это изменение не является результатом воздействия времени на вещи, оно присуще природе самих взаимодействующих вещей. Данная совокупность условий вызывает один и тот же эффект, независимо от того, в какой момент времени действует эта совокупность. Важно, чтобы совокупность условий и промежутки времени, в течение которого они осуществляются, были бы одинаковыми.

¹⁹ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 160.

²⁰ Анри Пуанкаре. Последние мысли. Пг., 1923, стр. 12.

То же самое следует сказать и о пространстве. Одна и та же совокупность условий вызывает одинаковые эффекты независимо от того, в какой части пространства она осуществляется. Например, одно и то же количество нефти в калориметрической бомбе выделит одинаковое количество теплоты независимо от того, происходит ли это сгорание на экваторе, на северном полюсе или другом каком-нибудь месте Земного шара, лишь бы другие условия сгорания оставались неизменными. Перенесение условий из одной области пространства в другую область не вызывает изменения эффекта, вызываемого этими условиями.

Поведение тела, находящегося в определенных условиях, не изменится также, если мы повернем на некоторый угол это тело и соответственно изменим все условия, от которых зависит поведение тела. «... При задании одной и той же совокупности начальных условий результирующее движение системы будет одинаковым, независимо от того, где и когда эти условия были осуществлены»²¹.

Независимость причинных связей от переноса их в пространстве, перемещения во времени, от поворота на фиксированный угол можно было бы выразить на основе понятия симметрии.

Следуя Г. Вейлю, будем говорить, что объект симметричен, если его можно подвергнуть какой-либо операции, после которой он будет таким же, как и прежде. Тогда можно было бы сказать, что причинные связи явлений природы, или во всяком случае причинные связи физических явлений, симметричны относительно переноса их в пространстве, перемещения во времени и относительно поворота на фиксированный угол.

Э. Неттер²² показала, что на основе признания независимости явлений от перемещения их во времени можно получить закон сохранения энергии в математической форме. Она же показала, что закон сохранения импульса связан с тем, что явление не зависит от места в пространстве, где оно происходит. Далее оказалось, что из признания изотропности пространства вытекает закон сохранения момента количества движения.

²¹ С. Шеебер. Введение в релятивистскую квантовую теорию поля. М., 1963, стр. 23.

²² См. Э. Неттер. Инварианты любых дифференциальных выражений.—Сб. «Вариационные принципы механики», М., 1959, стр. 605.

Из этих теорем Э. Неттер следует, что признание необходимости связи причины со следствием при фиксированных условиях существенно связано с законами сохранения энергии, импульса и момента количества движения.

Если предположить, что в каких-то процессах нарушается хотя бы один из этих законов сохранения, то это неизбежно приведет к изменению формы проявления необходимости причинных связей. Например, предположение о нарушении закона сохранения энергии приведет к признанию того, что абсолютно одинаковые условия, но реализованные в разное время, будут сопровождаться разными эффектами. Время обладало бы способностью оказывать физическое воздействие на соответствующие процессы, и его (время) следовало бы включить в условия (причины) этих процессов.

Независимость причинных связей от переноса в пространстве, перемещения во времени и поворота на фиксированный угол соответствующей системы обосновывается также практической деятельностью людей. Так, успешный запуск искусственных спутников Земли и космических ракет и выведение их на заранее намеченную орбиту свидетельствуют о правильности расчета этих ракет, в основе которого лежит представление об однородности пространства и времени относительно причинных связей, т. е. представление о том, что эффект, вызываемый причиной, зависит лишь от обстоятельств, но не зависит от пространства и времени действия этой причины.

Познание этого свойства причинных связей имеет огромное эвристическое значение. Всякое вновь открытое явление, удаленное от нас в пространстве и во времени, мы объясняем на основе наших обычных представлений о причинных связях. Так, движение двойных звезд, удаленных от Земли на многие миллионы световых лет, мы объясняем на основе ранее выработанных представлений о гравитационных силах, о законах движения этих звезд, о закономерности движения частиц света, испускаемого звездами, и т. д. И тот факт, что получаемая нами картина движения двойных звезд соответствует наблюдениям, говорит о правильности распространения наших представлений о причинных связях на огромную область пространства — времени.

Итак, причинные связи обладают следующими свойствами: во-первых, причина вызывает, производит следст-

вие; во-вторых, в основе причинного отношения лежит взаимодействие вещей, элементов, тенденций; в-третьих, причинные связи зависят от условий; в-четвертых, связь причины и следствия при фиксированных условиях носит необходимый характер. Поэтому причинную связь можно определить как частицу всеобщего универсального взаимодействия, выражающуюся в том, что одно явление при определенных условиях необходимо вызывает другое явление или изменение первого явления вызывает изменение второго. Иначе говоря: если явление A при данной совокупности неизменных условий Σ необходимо производит явление E или изменение A при фиксированных условиях Σ вызывает изменение E , то явление A есть причина, явление E — следствие. Причиной называется то явление, которое вызывает или изменяет другое явление. Явление, вызываемое или изменяемое определенной причиной, называется следствием. Явление-причина есть взаимодействие вещей, элементов, частей или взаимодействие внешнего и внутреннего. Явление-следствие есть изменение состояния вещи, системы, целого.

Здесь сделаем одно замечание. Если представление о необходимости причинных связей в макроскопической области является общепринятым среди философов-материалистов и естествоиспытателей, то вопрос о характере причинных связей в микромире до сих пор продолжает обсуждаться в философской и естественнонаучной литературе. Одни авторы (А. Эйнштейн и его последователи) считают, что и в микромире причинные связи имеют необходимый характер. Всякие отклонения движения микрочастицы от заданного обусловлено действием определенных причинных факторов. Другие авторы (Н. Бор и его сторонники) полагают, что в микромире реализуется такая ситуация, что одинаковые причины при идентичных условиях в известных пределах вызывают разные следствия.

В главе V («Причинность и связь состояний в квантовой механике») мы подробно рассмотрим сильные и слабые стороны конкурирующих концепций. Сейчас же заметим, что вопрос о характере причинных связей в микромире в значительной степени остается открытым. У нас нет как достаточных аргументов для отрицания необходимости причинных связей в микромире, так и достаточных аргументов для утверждения их необходимости. Этот вопрос

нуждается в дальнейшем рассмотрении совместными усилиями естествоиспытателей и философов.

В литературе по философии и логике понятие причинности иногда определяется так: если имеется явление *C*, то всегда имеется *E*, или эквивалентное этому определению: для всех явлений класса *C* и *E* имеет место то, что если имеется *C*, то имеется и *E*. *C* называют причиной, *E* — следствием.

Рассматриваемое определение очень широко, ему удовлетворяет не только причинная связь. Очевидно, что суждение, если имеется человек (*C*), то необходимо имеется и голова (*E*), выражает не причинную связь, а отношение части и целого. В этом определении игнорируется самая существенная черта причинной связи — активность причины. Следствие не только *необходимо* сопутствует причине, но и *производится* ею ²³.

Причина, производящая то или иное явление материального мира, находится в этом же материальном мире. Все явления реального мира имеют свою причину. Это утверждение составляет то, что мы называем принципом причинности. Но на каком основании покоится это утверждение?

Классический индуктивизм беконовско-миллевского типа считает, что все суждения, имеющие всеобщий характер, подобно суждению «все имеет причину», представляет собой результат индукции, результат простого суммирования эмпирических фактов. Если бы это было так, то всеобщий характер суждений может быть признан лишь при условии полной индукции, при суммировании всех явлений природы, что, конечно, невозможно. С этой точки зрения у нас нет гарантий, что завтра будет наблюдаться явление, не имеющее никакой причины. Если бы даже полная индукция в отношении суждения — все в природе причинно обусловлено — была бы и возможна, то тогда само утверждение о всеобщности причинности, не имело эвристического значения.

Понимая трудности обоснования всеобщности причинности на основе чистой индукции, Юм пытался преодолеть их на пути изгнания причинности из сферы бытия в сфе-

²³ Обоснование понятия причинности как необходимой производительности дается в книге М. Бунге. Причинность. М., 1962, стр. 63—69.

ру психологии. Убежденность человека во всеобщей причинной обусловленности, по Юму, является не больше и не меньше как верой, покоящейся на привычке. Кант в своей философии постулирует принцип причинности, считая его априорным и условием всякого опыта. Такое истолкование всеобщности причинности на деле является отрицанием причинной обусловленности явлений природы и превращения причинности в субъективную категорию.

Научное обоснование всеобщности причинности можно дать лишь на основе материалистической теории познания, введшей критерий практики и правильно решившей вопрос о соотношении практического и теоретического, конкретного и абстрактного и т. д.

Принцип, утверждающий, что все явления природы имеют свою причину, является результатом теоретического мышления, основанного на практическом отношении человека и природы. Без активной роли сознания, без научной абстракции, создающей новые понятия, отражающей законы реального мира, человек не пришел бы к пониманию всеобщности причинности. Это понимание является необходимым выражением материалистического решения основного вопроса философии и признания неуничтожимости материи и движения.

Признание хотя бы одного беспричинного явления противоречило бы признанию материальности мира. В самом деле, допустим, что в некоторой части природы возникло без всякой реальной причины некоторое явление. Этим явлением может быть образование или уничтожение некоторой материальной вещи или, наконец, изменение движения, состояния какой-либо вещи.

Если явление состоит в возникновении некоторой вещи, то признание его беспричинности означало бы возможность творения материи из ничего, что противоречит принципу несотворимости материи. Если явление состоит в уничтожении материальной вещи, то признание его беспричинности означало бы превращение материального субстрата в ничто, что противоречит принципу несотворимости материи.

Если явление представляет собой изменение движения вещи, изменение ее состояния, то признание беспричинности такого явления противоречило бы закону сохранения движения материи, в частности закону сохранения энергии.

Если, наконец, предположить, что явление представляет собой результат действия не естественных причин, а некоторого духовного начала, то мы придем в противоречие с материалистическим решением основного вопроса философии.

Таким образом, материалистическое учение о первичности материи и вторичности сознания и неуничтожимости материи и движения необходимо требует признания всеобщности причинности и исключает признание существования беспричинных явлений реального мира.

Утверждения материалистической философии о всеобщей причинной обусловленности явлений природы подтверждается все расширяющейся и углубляющейся практической деятельностью людей, включающей в себя производство, технику, эксперимент.

С развитием науки и техники, с открытием новых методов исследования природы неограниченно растет область исследования причинных связей. Так, открытие спектрального анализа, методов радиоастрономии, радиолокации, успехи космонавтики и другие привели к значительному расширению сферы познания причинных связей внешнего мира.

В основе всех методов экспериментального исследования лежит представление о том, что между явлениями природы существует зависимость, выражающаяся в том, что возникновение или изменение одного явления вызывает возникновение или изменение другого явления.

Область экспериментально изученных и практически используемых причинных связей явлений природы хотя и является конечной в каждый данный момент времени, но она в принципе безгранична. В этой безгранично растущей области изученных явлений нет ни одного факта, который бы противоречил принципу причинной обусловленности явлений.

Таким образом, вывод о причинной обусловленности всех явлений внешнего мира, наша уверенность в том, что каждое явление (даже то, причину которого мы еще не знаем) причинно обусловлено, подтверждается практически бесконечным количеством данных науки и целесообразной практической деятельностью людей.

Соотношение внутреннего и внешнего, необходимого и случайного в причинной обусловленности явлений

Результат, вызываемый взаимодействием вещи с окружающими объектами, зависит как от внутренней природы данной вещи, так и от свойств взаимодействующих с ними объектов. Часть причины, выраженная свойствами данной вещи, есть внутреннее основание ее поведения; часть причины, выражающая свойства тел, взаимодействующих с данным объектом, составляет внешнее основание поведения этого объекта.

Различие между внешним и внутренним основанием не абсолютно, а относительно. Внешнее по отношению к данной совокупности взаимодействующих элементов может быть внутренним по отношению к другой, достаточно большой системе. Град, выпавший на посев, по отношению к этому посеву будет внешним фактором, поскольку его основание лежит вне этого посева. Но этот же град по отношению ко всей совокупности условий, определяющих метеорологические процессы на Земле, будет иметь внутреннюю причину.

О внешнем и внутреннем можно говорить также по отношению к тому или иному структурному уровню материи (метagalактики, галактики, макроскопические тела, молекулы, атомы, элементарные частицы и т. д.). Явление, внешнее по отношению к свойствам объектов какого-либо структурного уровня материи, может быть внутренним по отношению к свойствам другого уровня материи. Движение броуновской частицы будет внешним по отношению к взаимодействиям явлений макроскопического уровня, но внутренним по отношению к взаимодействию объектов молекулярного уровня.

Поведение любого объекта, вообще говоря, определяется как его внутренней природой, так и природой внешних воздействий.

Поскольку явление определяется его внутренней природой, постольку оно имеет внутреннее основание; поскольку явление определяется внешним воздействием на него, оно внешне обосновано. Но так как движение тела, вообще говоря, одновременно определяется как его внутренней природой, так и внешними воздействиями, то его поведение одновременно имеет внутреннее и внешнее осно-

вания. Внутреннее проявляется через внешнее, внешнее выражает внутреннее. То, что это дерево имеет данное число листьев, а не другое, что они так расположены на ветках, а не иначе, одни листья больше, другие меньше — все это в значительной степени зависит от внешних условий и в этом смысле имеет внешнее основание. Но поскольку это явление выражает внутреннюю природу листового дерева иметь в определенных условиях листья, постольку оно внутренне обосновано. Задача науки состоит в том, чтобы во внешнем найти проявление внутреннего, а у внутреннего найти те внешние условия, в которых оно проявляется.

Таково соотношение между внутренним и внешним, если рассматривать их одновременно, в какой-то определенный промежуток времени. Если же рассматривать их в развитии в течение некоторого промежутка времени, снимать их, так сказать, не на один кадр, а на киноленту, то мы обнаружим, что внешнее в данный момент может стать внутренним в другой момент времени и, наоборот, внутреннее в данный момент может стать внешним в последующий момент.

Так, внешние, например, физические воздействия на внутренний механизм наследственности могут вызвать изменения вида, которые в дальнейшем станут внутренне необходимым признаком нового вида²⁴.

Каждая вещь так или иначе взаимодействует с окружающими телами. Однако не все взаимодействия оказывают в одинаковой степени влияние на движение тела.

Существенными являются те взаимодействия, которые определяют основные закономерности поведения тела; несущественные взаимодействия такой особенностью не обладают.

На основании того, что в объективном мире имеются существенные и несущественные взаимодействия, мы можем почти во всех случаях вычленить некоторую систему, состоящую из конечного числа предметов, существенным образом взаимодействующих друг с другом; остальным взаимодействием для этих тел с остальными предметами практически можно пренебречь.

Систему, включающую только те предметы, между которыми имеются лишь существенные взаимодействия

²⁴ См., напр., *Н. П. Дубинин. Проблемы радиационной генетики. М., 1961.*

данного вида, и исключены все другие предметы, называют относительно изолированной системой.

Каждая относительно изолированная система является материальным носителем определенных внутренних сцеплений причин и следствий. Так, Солнечная система может рассматриваться при изучении движения планет вокруг Солнца, как относительно изолированная система, в которой движение тел обуславливается их внутренним взаимодействием.

Таким образом, для того, чтобы вскрыть причину, внутренние и внешние основания того или иного поведения отдельной вещи, необходимо, во-первых, выделить ту относительно изолированную систему, элементом которой является данная вещь; во-вторых, вскрыть основное, главное взаимодействие внутри этой системы, определяющее данное поведение системы; в-третьих, найти часть причины, выраженную внутренней природой вещи, и часть причины, выраженную природой внешних воздействий.

Для познания причины свободного падения камня мы выделяем в качестве относительно изолированной систему, состоящую из Земли и камня. Мы находим, что можно отвлечься от взаимодействий камня с другими объектами: воздухом, ветром, Солнцем, Луной и др., пока они не имеют существенного значения для падения камня.

Между Землей и камнем происходят различного рода взаимодействия: гравитационные, электромагнитные, тепловые и т. д. Мы вскрываем далее основное взаимодействие, определяющее падение камня,— гравитационное взаимодействие. Наконец, мы находим внутреннее и внешнее основание этого взаимодействия. Внутренним основанием гравитационного взаимодействия камня является наличие у него конечной массы. Внешним основанием является наличие массы у Земли. Исследования показывают, что проявление этих внутренних свойств камня и Земли существенно зависит от расстояния между этими телами. С изменением расстояния между телами при неизменных массах величина их гравитационного взаимодействия изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Так, вскрыв внутреннее основание гравитационного взаимодействия тел и зависимость этого взаимодействия от расстояния между телами, Ньютон открыл закон всемирного тяготения. Сила взаимного тяготения любых двух тел пропорциональна произведению

масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между этими телами.

Для познания закона, выражающего существенные свойства вещи, необходимо найти внутреннее основание ее поведения при тех или иных условиях.

Это основание невозможно найти чисто эмпирически. На помощь познающему человеку приходит метод научной абстракции. Путем абстракции, анализа, путем последовательного уточнения моделей, выражающих поведение вещи при тех или иных условиях, человек познает свойства, структуру вещи, определяющие внутреннее основание ее поведения²⁵.

Законы движения Ньютона, например, вычленяют внутреннее и внешние основания механического движения тел. Первый закон Ньютона гласит, что всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не испытывает никаких внешних воздействий. Согласно этому закону, абсолютно изолированное тело будет сохранять свое состояние покоя или состояние равномерного и прямолинейного движения. Первый закон выражает, что покой или равномерное и прямолинейное движение тела в инерциальной системе отсчета имеют своим основанием внутренние свойства тела.

Абстрагирование от внешних связей, переход к предельному абстрактному понятию движения без внешнего сопротивления позволило Ньютону открыть закон, выражающий внутренние основания инерциального движения. Согласно второму закону Ньютона, изменение скорости движения тела пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой действует сила. Этот закон выражает внешнее и внутреннее основания изменения состояния механического покоя или равномерного и прямолинейного движения тела относительно инерциальной системы. Внешним основанием изменения скорости движения тела является силовое воздействие, приложенное к этому телу. Внутренним основанием является свойство инертности, мерой которого служит инертная масса. Взаимодействие внешнего и внутреннего и определяет механическое движение тела.

²⁵ См. П. В. Копнин. Дialeктика как логика. Киев, 1961.

Рассмотрим, как изменяется соотношение внутренних и внешних факторов в причинной обусловленности явлений при переходе от одного структурного уровня материи к другому.

Положим, что нас интересует механическое движение спутника Земли. Решающую роль в этом движении играет гравитационное взаимодействие данного тела с Землей. Воздействие Земли на спутник по отношению к последнему, поскольку оно зависит от Земли, носит внешний характер. Если мы расширим систему, включив в нее наряду со спутником и Землю, то по отношению к этой системе воздействие Земли на спутник будет носить уже внутренний характер. В этой расширенной системе влияние внутреннего возрастает по сравнению с ролью внутреннего в системах, состоящих в отдельности из спутника или Земли. Однако следует заметить, что если взаимодействие Земли и тела определяет движение последнего, то этого нельзя сказать относительно движения Земли. Определяющее влияние на ее движение оказывает взаимодействие ее с Солнцем. Поэтому если мы расширим систему, включив в нее не только Землю и тело, но и Солнце, то получим систему, в которой роль внутренних факторов в определении ее движения будет больше, чем роль внутреннего в определении движения системы, состоящей из Земли и тела.

Относительное движение тел Солнечной системы будет в основном определяться внутренними взаимодействиями. С дальнейшим расширением системы роль внутреннего в поведении системы будет возрастать, а роль внешнего — убывать.

Если мы пойдем от системы, состоящей из отдельного тела в обратном направлении, пойдем, так сказать вглубь — к молекуле, то обнаружим, что роль внешних воздействий по сравнению с ролью внутренних факторов в определении ее механического движения возрастает. В самом деле, всякое внешнее воздействие на тело будет внешним и для частицы данного тела, но не всякое воздействие, внешнее для частицы, будет внешним и для самого тела. Если какое-то тепловое воздействие нагреет спутник, то и данная молекула спутника будет испытывать это воздействие, что может выразиться в изменении скорости ее движения. Если же данная молекула испытывает воздействие соседней молекулы, то это взаимодейст-

вие будет внешним по отношению к самой молекуле, но внутренним по отношению к телу в целом.

Если относительное движение тел Солнечной системы обусловлено внутренними факторами, то движение отдельной молекулы в значительной степени зависит от внешнего воздействия.

При переходе к объектам более мелкого масштаба, т. е. к атомам и элементарным частицам, наблюдается прежде всего качественное изменение объектов — свойства атомов существенно отличаются от свойств макротел и молекул, а свойства элементарных частиц отличны от свойств объектов других уровней.

Рассмотрим механическое движение, отвлекаясь от других изменений микрообъектов. Всякое внешнее воздействие на молекулу будет внешним и для составляющих ее атомов, но не всякое воздействие, внешнее по отношению к данному атому, будет внешним к молекуле, частью которой является атом. Воздействие соседней молекулы на данную молекулу будет внешним фактором как по отношению к этой молекуле, так и по отношению составляющих ее атомов. Воздействие одного атома молекулы на другой ее атом будет внешним по отношению к этому атому, но внутренним по отношению к молекуле в целом. При движении в глубь материи относительная роль внешних факторов в определении механического движения соответствующих объектов будет возрастать.

Выясним теперь изменение относительной роли внешних факторов в обуславливании физических свойств объектов при переходе от макроуровня к микроуровню. Хотя при переходе от макроскопических объектов к микроскопическим число внешних связей возрастает, однако влияние их на физические свойства уменьшается.

Кусочек льда, например, при нагревании до 0°C превращается в воду, т. е. в другое качественное состояние, но при этом молекулы воды имеют ту же скорость своего механического движения. Достаточно большое внешнее воздействие может раздробить камень на части, превратить его в порошок, однако молекулы при этом изменяют свое механическое движение незначительно. Существует целый ряд других внешних воздействий, которые сравнительно легко преобразуют физические свойства макроскопических тел, но не изменяют физических свойств молекулы. Для того чтобы разложить молекулу

воды на атомы водорода и кислорода, необходимо подвергнуть водяные пары нагреванию до температуры выше 1000°C .

Физические свойства атома также определяются внутренними взаимодействиями его частей (ядра и атомные электроны). Так, способность атома вступать в химическое соединение с другими атомами обуславливается электронами, занимающими внешнюю электронную оболочку атома. Атомное ядро представляет сложную, слабо поддающуюся внешним воздействиям систему. Еще более имманентный характер носят физические свойства элементарных частиц. «Раздробить» электрон или протон до сих пор никому не удалось. Сильные столкновения элементарных частиц вызывают не дробление их, а образование новых частиц, их взаимопревращение.

Свойства элементарных частиц — масса, заряд, спин и другие — необходимо связаны с самими частицами. Если массу макроскопического тела можно уменьшить, не изменяя качества самого тела, то нельзя уменьшить собственную массу элементарной частицы, не нарушая ее качества. Далее, если для макроскопических тел вращение вокруг собственной оси не является неотъемлемым свойством, то для элементарных частиц спин нельзя ни увеличить, ни уменьшить. Спин, подобно массе, заряду, представляет свойство, необходимо присущее элементарным частицам.

Итак, при переходе от макромира к микромиру существуют две противоположные тенденции в изменении соотношения между внутренними и внешними факторами: с одной стороны, происходит увеличение относительной роли внешнего и уменьшение роли внутреннего в обуславливании механического движения объектов, с другой — увеличение роли внутреннего и уменьшение роли внешнего в определении физических свойств объектов.

Соотношение внутренних и внешних факторов в причинной обусловленности определяет соотношение необходимости и случайности.

Необходимое — это то, что определяется внутренней природой, сущностью, законом объекта, и потому не может быть иным, чем оно есть. Случайное — то, что определяется не внутренней природой объекта, не его сущностью, не его законом, а чем-то внешним по отношению к ним, а потому может быть и может не быть.

Это различие необходимого и случайного хорошо выразил еще Аристотель, указав, что то, что «само по себе присуще предметам, является необходимым»²⁶. Случайное — то, что «не есть само по себе».

Поскольку явление обусловлено его внутренней природой, постольку оно необходимо; поскольку явление обусловлено внешним воздействием, оно случайно. Но так как одно и то же явление обуславливается, вообще говоря, внешними воздействиями и своей внутренней природой, то оно и случайно, и необходимо. Необходимость есть проявление внутренней природы вещи, случайность — выражение природы внешнего воздействия. Необходимость проявляется через случайность. Случайность выражает необходимость.

В соответствии с изменением соотношения между внутренними и внешними факторами, обуславливающими поведение микрообъектов, существуют две противоположные тенденции в изменении соотношения между необходимостью и случайностью при переходе от макромира к микромиру: с одной стороны, происходит увеличение роли случайных факторов в обуславливании механического движения объектов; с другой стороны — увеличение роли необходимости в обуславливании физических свойств объектов.

Первая тенденция находит отражение в повышении роли статистических методов в описании механического движения объектов по мере продвижения в глубь материи; другая тенденция выражается во введении в физику констант, характеризующих необходимые свойства микрообъектов — массу, заряд, спин, собственный магнитный момент и другие свойства элементарных частиц.

Эти тенденции, будучи различными, взаимно обуславливают друг друга. Применение статистических методов опирается на определенное представление о внутренних свойствах объектов, без которого применение статистически невозможно. В свою очередь, внутренние свойства объектов проявляются в поведении коллективов, для описания которого применяют статистику.

На основании сказанного о соотношении случайности и необходимости следует ожидать, что всякая будущая

²⁶ Аристотель. Аналитики. Первая и вторая. М., 1952, стр. 192.

теория, отражающая механические перемещения микрообъектов в пространстве и времени, будет статистической теорией. Теории же, выражающие те или иные физические свойства объектов в области микромира, будут содержать и законы динамического типа. Простейшим примером динамического закона в физике элементарных частиц являются законы сохранения спина, заряда и т. п. Роль законов сохранения в описании поведения микрочастиц в современной квантовой физике возрастает.

Теория микропроцессов представляет собой специфическое переплетение статистических и динамических законов. Ни один из этих законов в отдельности не является достаточным для выражения сущности процессов, изучаемых физикой элементарных частиц. Лишь в своей совокупности динамические и статистические законы могут дать полное, в рамках соответствующей теории, описание явлений микромира.

Критика позитивистских концепций причинности

В отличие от материалистической философии, признающей, что понятие причинности отражает связи и взаимодействия явлений объективного мира, различные позитивистские концепции сводят причинность к гносеологической категории, отождествляя ее с теми или иными формами предсказуемости. Для позитивистских взглядов характерно отрицание онтологического значения категории причинности, отрицание необходимости и всеобщности причинных связей.

Большое влияние на формирование позитивистских взглядов на причинность оказал Д. Юм, который как мы видели выше, лишил категорию причинности ее объективного содержания и превратил ее в субъективную категорию рассудка, в основе которой лежит, во-первых, привычка, во-вторых, вера в появление известного следствия, наблюдаемого ранее при подобных обстоятельствах. Он утверждал, что естественные науки в принципе не способны создать теорию, объясняющую причины природных явлений, а потому они должны ограничиваться простым описанием фактов. Это же предписывают науке современные позитивисты. Поэтому не без основания пи-

сал Виндельбанд: «В терминологии XIX века, главным образом по примеру Огюста Конта, принято называть позитивным, или позитивистским, тот род научной деятельности, который считает возможным ограничиться установлением фактов и их постоянного следования во времени и готов отказаться от объяснительных причин. В этом смысле Юм — истинный и единственный *отец позитивизма* ²⁷.

Самым решительным опровержением юмовской точки зрения на причинность является практика, в ходе которой деятельность человека становится одним из звеньев цепи естественных причинных связей, причем таким звеном, которым мы целенаправленно управляем. Например, если мы включаемся в цепь теплового обмена предметов так, что сами можем получить желательное нам нагревание комнаты путем сжигания определенного количества дров или угля, причем можем целенаправленно регулировать степень нагревания путем сжигания различного количества топлива, то мы доказываем этим, что между горением топлива и выделением теплоты существует необходимая связь, первое производит второе.

Э. Мах, вслед за Юмом, утверждает, что в природе нет таких связей, чтобы одно явление производило, вызывало другое явление. Такое понятие причинности имеет, по Маху, антропоморфное происхождение, оно и до сих пор не освободилось от элементов антропоморфизма и субъективизма. В основе его лежит представление об активной деятельности человека: я делаю, ломаю, открываю, закрываю и т. д. В природе же, по его мнению, нет никакого активного, производящего начала.

Неприменимость обычного понятия причинности в науке Мах обосновывает тем, что при помощи этого понятия невозможно установить соотношение между элементами (ощущениями), являющимися истинными объектами естествознания. Так обычно говорят, что Солнце нагревает камень и потому оно причина нагревания камня. Однако, заявляет Мах, камень связан не только с Солнцем, но и с огромным числом других окружающих предметов. Установить соотношение между ощущениями этих

²⁷ В. Виндельбанд. История новой философии в ее связи с общей культурой и отдельными науками, т. I. СПб., 1902, стр. 268.

предметов на основе примитивных понятий причины и следствия нельзя, это можно сделать лишь при помощи понятия функциональной зависимости: «величина y есть функция x » ($y = f(x)$).

Действительно, понятие причины не выражает всей совокупности связей данной вещи. Применяя понятие причинности, мы вырываем вещи из всеобщего универсального взаимодействия и устанавливаем между ними отношение причины и следствия. Из этого-то Мах и сделал ошибочный вывод о субъективном характере понятия причины и неприменимости его в научных исследованиях. Но все же в самой природе существует связь явлений в форме причины и следствия. Имеется реальная объективная связь между испусканием Солнцем лучей и нагреванием камня. И то, что мы практически получаем нужное нам количество теплоты, аккумулируя солнечные лучи, обосновывает наше представление о причинной связи между Солнцем и камнем.

Отрицая объективный характер причинных связей, Мах пытался заменить само понятие причины понятием функциональной зависимости между элементами, т. е. ощущениями.

«Я давно уже пробовал,— писал он,— заменить понятие причины математическим понятием функции: зависимостью явлений друг от друга, или точнее — зависимостью признаков явлений друг от друга»²⁸.

Согласно Маху, задачей естествознания является установление связи между явлениями (ощущениями). Если связь между ощущениями удастся выразить в виде функциональной зависимости, то в этом случае можно говорить о существовании причинной связи. Если же ощущения не удастся связать при помощи математических функций, тогда нельзя говорить о существовании причинной связи.

Таким путем Мах лишил причинность объективного содержания и превратил ее в продукт человеческого сознания.

Если принять точку зрения Маха, то мы должны считать, что причинная связь между притяжением Земли и

²⁸ Э. Мах. Анализ ощущений и отношений физического к психическому. М., 1908, стр. 89.

падением тела существует лишь постольку, поскольку Галилей выразил связь этих явлений или признаков этих явлений в виде математического функционального отношения.

Вопрос же о том, отражает ли это функциональное отношение какую-либо объективную связь вещей природы, по Маху, является праздным, метафизичным и по существу неразрешимым.

Развитие практической, познавательной деятельности людей является прямым опровержением махистской концепции причинности. Человек на каждом шагу вынужден считаться с существованием объективных причинных связей. И если кто-либо не захочет считаться с этими объективными связями, будет жестоко наказан. Человек, не пожелавший считаться с гравитационным взаимодействием, выбросившись с десятого этажа, заплатит жизнью; конструктор, не посчитавшийся с существованием объективной необходимой связи между нагреванием металлов и их расширением, потерпит провал при возведении спроектированного сооружения и т. д. В этих случаях критерием правильности наших представлений о связи явлений природы служит практика, производственная деятельность людей, в процессе которой мы активно воздействуем на реальные вещи и их реальные отношения.

Признание объективности причинных связей и возможности отражения их в сознании людей ставит перед наукой задачу отыскания этих связей и тем самым толкает науку вперед.

В своей практической деятельности люди исходят из убеждения, что причинно-следственные связи явлений природы существуют объективно, независимо от того, знают ли люди их или нет, умеют ли они отражать их в математической форме или нет. Например, причинная связь между взаимодействием болезнетворного вируса определенного вида с человеческим организмом и заболеванием этого организма существует независимо от того, познали ли мы ее или нет. Эта связь выражается в том, что при определенных условиях взаимодействие организма с болезнетворным вирусом всегда вызывает болезнь. Врачи в своей практике пользуются понятием причинности в смысле объективной связи явлений, выражающейся в том, что одно явление вызывает другое явление.

В действительности вся медицинская практика (диагностика, предупреждение и лечение болезней) основывается на указанном понимании причинной связи. Суть диагностики, вообще говоря, состоит в определении причины, если известны следствия. Профилактика и лечение болезни состоит или в устранении причин болезни, или в создании обстоятельств, ограничивающих действие причины. Лечение и предупреждение болезни предполагает активное целеустремленное воздействие на процессы в организме на основе познания причинных связей.

Из сказанного не следует, что марксисты возражают против применения математических методов для исследования объективных причинных связей. Различие между марксистской и махистской теориями причинности состоит в том, что марксисты считают математические методы лишь одним из возможных, хотя и важнейшим методом отражения объективных связей в природе, а махисты сами причинные связи отождествляют с математическими функциональными отношениями.

Из современных философов махистскую линию в вопросе о причинности продолжал Б. Рассел. Он, подобно Э. Маху, считал понятие причинности «примитивным» и «ненаучным». Это понятие, по Расселу, является пережитком прошлого философского мышления, которое сохраняется в нашем мышлении точно так же, как сохраняется монархия в некоторых современных странах, только потому, что она непосредственно не приносит вреда. «Примитивность» этого понятия он видел в том, что следствия, вызываемые определенными причинами, редко бывают неизменными и что даже в случае, когда они неизменны, легко осуществимы условия, которые помешают им быть неизменными. Например, если вы чиркаете спичкой о спичечную коробку, пишет Рассел, то спичка обычно загорается, но возможны случаи, когда она ломается. Если вы бросаете камень вверх, то обычно он снова падает вниз, но его может проглотить орел, вообразивший, что это — птица. Отсюда Рассел делает вывод, что причинный закон в форме «*А* причинно обуславливает *Б*» знает исключения и поэтому не может быть основой научного познания. Причинная связь, по Расселу, не является необходимой связью.

Эти рассуждения Рассела неубедительны. История развития науки, в частности физики, свидетельствует о

том, что понимание причины, как того явления, которое необходимо вызывает, порождает другое, имеет важное значение для научного познания. Известно, например, что именно такое понятие причины было положено Ньютоном в основу классической механики, которая до сих пор не потеряла и не потеряет своего научного и практического значения в будущем. Такое понятие причины дает не только качественную оценку связи двух явлений (*A* производит *B*), но и позволяет установить количественное соотношение между мерой причины и мерой следствия. Второй закон Ньютона как раз и устанавливает эту связь: величина ускорения тела (следствие) пропорциональна величине действующей на него силы (причина).

Конечно, иногда случается, что данная причина не вызывает обычно наступающее следствие, например отсыревшая спичка не загорается при трении о коробок. Но, по существу, мы здесь имеем другую причину: одно дело — чирканье сухой спичкой, другое — отсыревшей. Разные причины (сухая и отсыревшая спички) вызывают и разные следствия.

Энгельс, предвидя возражения против материалистического учения о причинности, подобные возражению Рассела, писал: «Действительно, иногда случается, что не повторяется того же самого, что капсюль или порох отказываются служить, что ствол ружья разрывается и т. д. Но именно это *доказывает* причинность, а не опровергает ее, ибо для каждого подобного отклонения от правила, мы можем, производя соответствующее исследование, найти его причину: химическое разложение капсюльного ударного состава, сырость и т. д. пороха, поврежденность ствола и т. д., так что здесь производится, так сказать, двойная проверка причинности»²⁹.

Строго говоря, утверждение «*A* необходимо вызывает *B*» справедливо лишь при определенной совокупности условий. Если признать зависимость причинной связи от условий, то возражение Рассела отпадает. При определенных обстоятельствах причина действительно с необходимостью производит свое следствие.

Б. Рассел предлагает заменить якобы примитивное, донаучное понятие причинной связи понятием «причинного закона». «Причинный закон», как я буду определять

²⁹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 545.

этот термин, — писал Рассел, — может быть определен как главный принцип, в силу которого — если имеются достаточные данные об определенной области пространства-времени — можно сделать какой-то вывод об определенной другой области пространства-времени»³⁰.

«Причинный закон», по Расселу, «есть связь наших знаний о различных областях пространства-времени, выражающаяся в том, что на основе знания одной области пространства-времени можно сделать какой-нибудь вывод о другой области пространства-времени». Согласно такому пониманию, получается, что «причинный закон» имеет место лишь в том случае, если мы настолько знаем явления, что можем на основе знания конкретного явления, происходящего в данном участке пространства и в данное время, кое-что сказать о явлении, происходящем в другое время и в другом участке пространства. Если же мы не знаем явления и не можем ничего сказать, что будет с ним в будущем, то в этом случае причинного закона нет.

«Причинный закон» у Рассела превращается в логическую категорию. Это видно из того, что он считает, что в причинном законе стирается различие между прошлым и будущим. Понятие «определять», «детерминировать», по Расселу, логически вытекает из понятия функции, и поэтому «причина» детерминирует следствие в таком же смысле, в каком следствие детерминирует причину, т. е. настоящее определяет будущее таким же образом, как будущее определяет настоящее³¹. Это утверждение Рассела справедливо лишь в сфере логической, познавательной, в реальной же действительности лишь настоящее может воздействовать на будущее, но будущее не может воздействовать на настоящее и прошлое. Если «причинному закону» Рассела придать реальное значение, то мы неизбежно должны признать возможность воздействия настоящего на прошлое, уже совершившееся событие, что, конечно, абсурдно.

Таким образом, Рассел придает понятию «причинного закона» чисто логическое значение, не усматривая его в реальном бытии.

³⁰ Б. Рассел. Человеческое познание. Его сфера и границы. М., 1957, стр. 344.

³¹ См. B. Russell. On the Notion of Cause. Feiglbrodback, Readings in the Philosophy of Sciences. N. Y., 1953, p. 393.

Логический позитивист М. Шлик также пытался доказать, что представление о причине, как о производящем, вызывающем начало, несовместимо с современной наукой. Он определяет причинность как «возможность калькуляции» будущих или минувших событий, на основе знаний событий в настоящем. Такая калькуляция производится, отмечает Шлик, с помощью математических функций³².

Приняв такое определение причинности, Шлик утверждает, что для самого процесса детерминации безразлично, приводим ли мы такую калькуляцию по отношению к будущему или по отношению к прошлому событию. Математические функции позволяют нам «скалькулировать» будущее, если известно прошлое,— и, наоборот, «скалькулировать» прошлое, если известно будущее. На этом основании Шлик делает вывод, что причинность не отличается от телеологии: «Каузальность и телеология больше неразличны: нет никакой разницы сказать, что прошлое определяет будущее, или что будущее определяет прошлое»³³. Подобное утверждение возможно лишь в том случае, если причинные связи ограничить лишь логической сферой.

Концепция причинности, развиваемая Шликом, ведет к отрицанию объективности причинных связей, к признанию, что эти связи являются результатом упорядочивающей деятельности человеческого сознания. Шлик это понимает, и поэтому он стремится откреститься от явного субъективизма. «Математический анализ,— заявляет он,— ...учит нас выражать последовательность событий в виде закона, если имеется определенный порядок в природе. Принцип причинности утверждает, что имеется порядок в природе. Это две принципиально различные вещи. Логическая необходимость «производства» относится к расчетам, причинность — к реальной природе»³⁴.

Признание каузальности, как чего-то такого, что относится к самой природе, является материалистическим положением. Однако это словесное заявление противоречит концепции причинности Шлика в целом, ото-

³² *M. Schlick. Causality in Everyday Life and Recent Science. Readings in Philosophical Analysis* N. Y., 1949, p. 515—533.

³³ Там же, стр. 527.

³⁴ Там же, стр. 526.

жdestвляющей понятие «производить» с возможностью калькуляции будущего на основе знания настоящего.

Для позитивистов характерен взгляд, согласно которому вопрос об источнике наших понятий о причинности является ненаучным, лишенным смысла и потому следует всячески избегать его решения. Типичными в этом отношении являются рассуждения французской писательницы по философским вопросам физики и логики П. Феврие. Она считает, что «доктрина философского детерминизма», выражающая необходимую связь явлений природы, имеет две особенности, которые делают ее ненадежной в научной области. Во-первых, «она касается совокупности всех событий Вселенной, а не только тех, на познание которых наука может претендовать, т. е. феноменов». Во-вторых, эта доктрина «имеет, согласно утверждениям философов, различные интерпретации (реалистические или идеалистические), между которыми научные критерии не дают возможности выбора». Отсюда П. Феврие делает вывод: «Это доктрина не может служить нам полезной основой и твердым фундаментом для обсуждения»³⁵.

Действительно, принцип причинности может быть истолкован как материалистически, так и идеалистически. Однако утверждение П. Феврие, что не существует достаточных научных оснований для решения спора между материалистическими (реалистическими) и идеалистическими концепциями философского детерминизма, ложно. Наука, основываясь на практическом отношении человека к природе, решает спор между материалистическими и идеалистическими концепциями причинности вполне однозначно, в пользу материализма. Прогресс естественных наук, физики в частности, органически связан с материалистическим пониманием каузальности.

Материалистическая концепция причинности явилась важнейшим руководящим принципом при создании и обосновании классической механики, электродинамики Максвелла, теории относительности и других физических теорий. Открытием закона сохранения и превращения энергии, являющегося основой всего современного естествознания, наука обязана прежде всего материалистическому принципу причинности. Огромную роль, как

³⁵ P. Février. *Determinisme et indeterminisme*. Paris, 1955, p. 3.

мы увидим ниже, сыграл указанный принцип в создании квантовой механики, в открытии Планком кванта действия, в объяснении Эйнштейном фотоэффекта и т. д.

Что же касается усмотренной Феврие «ограниченности» философского детерминизма в том, что он распространяется на все явления природы, а не только на наблюдаемые, то и в этом не слабость, а сила материалистического учения о причинности. Именно представление ученого о том, что все явления природы, без исключения, причинно обусловлены, побуждает его открывать эти причины в большом и малом. Это представление привело Торричелли к открытию причин поднятия воды в водяном насосе, Ньютона — к открытию закона всемирного тяготения, Леверье и Гершеля — к открытию ненаблюдаемой до них планеты Нептун и т. д., и т. п.

Таким образом, возражения Феврие против философского детерминизма не имеют никакого отношения к материалистическому учению о причинности.

Посмотрим теперь, удалось ли П. Феврие в вопросе о причинности избежать «извечной» альтернативы: материализм или идеализм? Сама она считает, что ей удалось преодолеть «ограниченность» философского понятия детерминизма и подняться выше как материалистической, так и идеалистической интерпретации путем введения терминов «детерминистической» и «индетерминистической» теории. Что она понимает под ними?

«Будем называть, — пишет Феврие, — физическую теорию детерминистической, если она на основе знания результатов начального измерения дает возможность предвидеть с достоверностью результаты последующих измерений»³⁶. В том случае, когда невозможны измерения, на основе которых можно было бы с достоверностью предсказывать результаты последующих измерений, теория, по Феврие, называется индетерминистической.

Примером детерминистической теории является классическая механика, которая позволяет по результатам начального измерения величин, характеризующих состояние материальной точки, однозначно предсказать результаты последующих измерений этих величин.

Всякая статистическая теория, по определению Феврие, является индетерминистической. Индетерминистические

³⁶ P. Février. Déterminisme et indeterminisme, p. 8.

теории она делит на скрыто детерминистические и существенно индетерминистические. Скрыто детерминистической она называет такую теорию, в рамках которой могут быть указаны измерения, позволяющие предсказывать результаты последующих измерений. Примером такой теории является, по Феврие, классическая статистическая механика.

Существенно индетерминистической теорией она называет такую теорию, из постулатов и правил умозаключения которой вытекает невозможность осуществления измерений, на основании которых можно было бы предвидеть результаты последующих измерений. Примером такой теории она считает квантовую механику.

Все эти определения касаются лишь наших знаний о предмете, а не о самих объективных связях между предметами. Поэтому невольно возникает вопрос: какие отношения существуют между той или иной теорией и объективной действительностью? Если считать, что физические теории так или иначе отражают объективную реальность, то мы становимся на позиции материализма, если же считать, что теория является лишь результатом упорядочивающей деятельности познающего человека, то мы становимся на позиции идеализма. Сама Феврие в качестве исходного пункта рассуждений берет принципы построения физической теории, заимствованные из философии О. Конта. Согласно этим принципам, физика имеет дело лишь с явлениями, т. е. с результатами измерений тех или иных физических систем. Но поскольку неизбежным элементом всякого измерения является познающий субъект, наблюдающий за показаниями измерительных приборов, то получается, что физика изучает координацию физической системы с субъектом.

Позитивистское истолкование причинности тесно связано с представлением о том, что задача науки сводится к описанию явлений и перед ней не стоит задачи причинного объяснения. «Нам не требуется знать «почему», — пишет Хаттен, — мы можем даже обойтись без понятия каузального действия... По этой причине мы должны отказаться от языка «причина-следствие»³⁷.

Подобную же мысль развивает К. Поппер в своей книге «Логика научного открытия». По мнению автора,

³⁷ E. Hutten. The Language of Modern Physics, p. 209,

законы науки — всего лишь гипотезы. «Управляется ли мир строгими законами, этот вопрос я считаю метафизическим: Законы, которые мы находим, всегда являются гипотезами, которые всегда могут быть заменены. Вера в каузальность — метафизична. Она ничего не дает, кроме метафизического предположения, хорошо известного методологического правила: исследования ученого никогда не останавливают его поиски законов»³⁸.

Но К. Поппер все же признает методологическое значение принципа причинности. И это уже не мало. Утверждение же, что задача науки сводится лишь к описанию явлений, противоречит всему духу, содержанию и развитию науки.

Наука, в том числе и физика, о чем мы будем подробнее говорить ниже, никогда не ограничивалась описанием предметов, ее усилия всегда устремлялись на познание причин. Физика XX в. вторглась в мир атомных явлений и добилась огромных практических результатов прежде всего потому, что были вскрыты глубокие причины, обуславливающие внутриатомные и внутриядерные процессы. Без знания этих причин человечество не умело бы извлекать внутриядерную энергию и использовать ее в своих практических целях. Нельзя не согласиться с немецким физиком теоретиком Иосом, что концепция чистого «описания» правильно рассматривается как неудовлетворительная, тем более, что даже новейшая бюротехника не в состоянии создать картотеку, которая делала бы то, что делает даже небольшой учебник, а именно — указывала бы, что происходит при таких-то и таких-то условиях»³⁹.

Объяснение явления означает вскрытие прежде всего его причины. До тех пор пока мы не знаем причины, явление нам кажется непонятным и таинственным. Незнание, например, действительной причины, порождающей молнию, приводило к представлениям о сверхъестественных силах, перед которыми человек бессилен и ему ничего иного не остается, как покориться этим силам. И только тогда, когда были открыты причины молнии, представля-

³⁸ К. Popper. The Logic of Scientific Discovery. London, 1960, p. 248.

³⁹ Цит. по книге: «История физико-математических наук». — «Труды Института истории естествознания и техники», 1960, т. 35, стр. 195.

ющей собой разряд атмосферного электричества, люди научились делать громоотводы и стали относительно свободными от действия этих природных явлений... «Наше объективное объяснение,— писал И. П. Павлов,— есть истинно научное, т. е. всегда обращающееся к причине, всегда ищущее причину»⁴⁰.

Чем выше теоретический уровень науки, тем более глубокие причинные связи, охватывающие более широкий класс явлений и выражающие более глубокие сущности, она вскрывает.

Позитивисты выступают также против признания всеобщности причинности. Представление о всеобщности причинности покоится-де лишь на основе обобщения опыта, который всегда конечен. Мы наблюдаем, например, что медь при нагревании расширяется, и на основе этого делаем вывод, что нагревание является причиной расширения меди. Но у нас нет гарантии, что завтра при нагревании объем куска меди не увеличится, а уменьшится. Представление о всеобщей причинной обусловленности реальных процессов является более или менее достоверной гипотезой и не может быть принципом.

Другим аргументом позитивистов против всеобщности причинности являются ссылки на так называемые «бреши» в причинном объяснении. Обычно ссылаются на квантовую механику, которая будто бы показала невозможность причинного объяснения поведения индивидуального микрообъекта.

Вопрос о причинности в квантовой механике мы подробнее разберем ниже. Сейчас же, забегая вперед, заметим, что современные квантово-механические представления и экспериментальные факты не противоречат правильно понятому принципу причинности.

Что касается признания всеобщности причинности, то оно (признание), как мы видели выше, непосредственно связано с представлением о неуничтожимости материи и движения и подтверждается огромным, все возрастающим числом фактов науки и практики.

А. Айер считает, что всеобщий закон причинности является пустым обобщением, лишенным «фактического содержания» и поэтому не может быть подвергнут проверке. «...Если,— пишет он,— не существует никаких указаний

⁴⁰ И. П. Павлов. Полное собрание сочинений, т. III, кн. 1. М.—Л., 1951, стр. 171

на то, что считать законом причинности, если мы даже не знаем, какие явления должны быть взаимосвязаны и каким образом, мы не можем применять принцип причинности»⁴¹.

Конечно, верно, что если мы не знаем, что такое причинность, то мы не можем применять принцип причинности. Но неверно, что мы ничего не знаем о причинности. Мы знаем хотя бы то, что причинная связь при определенных условиях есть необходимая связь; причина есть динамический фактор, производящий следствие; следствие есть результат, производимый причиной. Мы знаем, что следствие не может предшествовать причине и т. д.

Нельзя также согласиться с утверждением Айера, что «непреложность принципа причинности лишает его всякого содержания». Более того, можно сказать, что непреложность принципа причинности вселяет в исследователя уверенность, что всякое явление, большое и малое, имеет свою причину и тем самым побуждает его искать эти причины, углублять знание уже известных причин и тем самым подвигаться в познании сущности вещей. Этим самым принцип причинности, как свидетельствует история естествознания, играет большую методологическую роль в развитии науки.

Попытки Айера сузить философское понятие причинности и придать ему более конкретные формулировки, принятые в тех или иных естественнонаучных теориях, например классической механике, не являются плодотворными. Сам Айер признает, что приводимое им определение, заимствованное из классической физики, неприменимо в квантовой физике. Но этого нельзя сказать о философском понятии причинности, как о понятии, выражающем необходимую связь причины и следствия.

Такова, в общих чертах, суть позитивистских концепций причинности. Для позитивизма, таким образом, характерно отрицание онтологического значения категории причинности, отрицание необходимости и всеобщности причинных связей. Позитивисты низводят причинность к гносеологической категории, отождествляя ее с теми или иными формами предсказуемости.

⁴¹ А. Дж. Айер. Философия и наука.— «Вопросы философии», 1962, № 1, стр. 98.

ПРИЧИННОСТЬ И СВЯЗЬ СОСТОЯНИЙ

Различие между причинностью и связью состояний

В специальной физической литературе понятие причинности употребляется не однозначно, а в разных смыслах. В одних случаях термин причинность употребляется в смысле связи причины и следствия, состоящей в том, что причина вызывает, производит свое следствие. В таком значении понятие причины употребляется для объяснения поведения объектов как теоретического, так и эмпирического уровней. Например, понятие силы в теоретической механике вводится как причина, вызывающая ускоренное движение тела. В значении производить, вызывать употребляется понятие причина для объяснения эмпирических наблюдаемых фактов.

В других случаях понятие причинности отождествляется с объективной необходимой связью состояний системы, когда начальное состояние системы необходимо определяет, детерминирует ее состояние в любой последующий момент времени. Такое понимание причинности представляет собой онтологический аспект лапласовского детерминизма и называется обычно классическим детерминизмом.

В теоретической физике понятие причинности часто отождествляется с принципиальной возможностью абсолютно точных предсказаний будущего состояния системы, однозначно определяющего ее поведение, если известно ее состояние в некоторый данный момент времени. Такое понятие причинности не совсем точно называют лапласовским детерминизмом¹.

¹ Данное понимание причинности представляет собой лишь гносеологический аспект лапласовского детерминизма. См. главу IV, раздел «Связь состояний. Детерминизм Лапласа».

Понятие причинности употребляется также в смысле математического детерминизма, который имеет место тогда, когда дифференциальное уравнение (в обыкновенных или частных производных), представляющее собой ту или иную математическую форму выражения поведения физической системы, имеет при определенных начальных и граничных условиях одно единственное решение². В некоторых разделах теоретической и экспериментальной физики понятие причинности отождествляется с утверждением о невозможности физических воздействий, распространяющихся в пространстве-времени со сверхсветовой скоростью. В соответствии с преобразованиями Лоренца это обеспечивает инвариантность временного отношения причины и следствия.

Неоднозначность употребления понятия причинности вносит известные недоразумения и трудности в дискуссии по проблеме причинности, которые в некоторых случаях выливаются в спор о словах. Поэтому представляется весьма целесообразным, прежде чем переходить к обсуждению проблемы причинности в физике, уточнить понятия причинности и физического детерминизма и выяснить их соотношения.

Соотношение между этими понятиями легко выясняется на основе установления различия и единства причинной связи и связи состояний.

Категория причинности в своей глубокой сущности выражает самоактивность материи, способность материальных вещей, явлений производить другие вещи, явления. Причина может носить или характер внешнего воздействия, преломленного через внутреннюю природу испытывающей это воздействие вещи, или характер взаимодействия частей, элементов, вызывающего изменение целого, системы.

Причинную связь следует отличать от связи состояний³.

² На употребление в теоретической физике понятия причинности в смысле математического детерминизма указал В. А. Фок в статье «Critique épistémologique de théories récentes» («La Pensée». 1960, № 91, p. 13).

³ Различие понятий причинности и механического детерминирования состояний отмечалось в нашей кандидатской диссертации «Борьба материализма против идеализма в квантовой механике по вопросу причинности» (1954, стр. 51—52; 194—195. См.

Рассматривая поведение какого-либо объекта определенного структурного уровня материи, мы можем в общем случае выделить два типа разных отношений: взаимодействие данного объекта с *другими объектами* и отношение разных состояний *одного и того же объекта*. Очевидно, что это — разные отношения.

Взаимодействие объекта с другими телами вызывает его изменение и поэтому является причиной. В результате взаимодействия объект, вообще говоря, изменяется, т. е. переходит из одного состояния в другое состояние. Связь состояния объекта в данный момент с состоянием объекта в последующий момент времени резюмируется в категории связи состояний. Связь, например, между взаимодействием камня с Солнцем, вызывающим нагревание первого, является причинной связью. Переход камня из состояния с меньшей температурой в состояние с большей температурой выражается при помощи категории связи состояний.

Причинность выражает тот механизм, который вызывает изменение вещи, явления... Причина носит динамический (силовой) характер и выражается во взаимодействии тел. Состояние же тела в данный момент хотя и влияет на состояние этого тела в последующий момент времени, но эти влияния не носят силового характера. Состояние тела в данный момент не может динамически воздействовать на его будущее, потому что оно *еще* не существует, но оно не может воздействовать и на прошлое, так как прошлое *уже* не существует.

Познание причины отвечает на вопрос об источнике движения, изменения вещи: почему произошло явление? Познание же связи состояний описывает лишь результат

также автореферат диссертации, 1954, стр. 14). Это положение развивалось и обосновывалось в статье «Причинность и связь состояний в микропроцессах» («Вопросы философии», 1959, № 6) и в книге автора «Категория причинности в физике» (М., 1961, стр. 88—106). На неправильность отождествления понятия причинности со связью состояний в классической механике и квантовой физике указывал М. Э. Омеляновский в книге «Философские вопросы квантовой механики» (М., 1956, стр. 201—202). А. Поликаров (Болгария) для обозначения последовательности состояний некоторого процесса ввел термин «режим» (см. А. Поликаров. Принцип причинности в современной физике.— Гос. Соф. унив., Фил.-ист. фак., т. 47, I (1950—1952)).

движения. Знание причинной связи дает объяснение явлению, знание же связи состояний дает лишь описание его изменения во времени.

Разграничение понятий причинной связи и последовательности состояний вводится в кибернетику, хотя и выражается это в других терминах. Там вводят понятие оператора, операнда, образа, перехода, преобразования⁴. Объект, испытывающий какое-либо действие, называется операндом. Сам действующий фактор называется оператором, а то, во что превращается операнд в результате действия оператора, называют образом. Вызванное оператором изменение состояния операнда называют переходом. Переход определяется начальным и конечным состоянием операнда. Нетрудно видеть, что оператор, понимаемый как реальное физическое воздействие, есть причина, переход есть следствие. Отношение между начальным и конечным состояниями операнда есть связь состояний.

В кибернетике оперируют с понятием множества переходов для множества операндов, которое называется преобразованием. Важно подчеркнуть, что преобразование может быть задано не указанием физической причины изменений, а заданием начальных и конечных состояний операндов данного множества. Это позволяет описать изменение вещей, абстрагируясь от реальных причин.

Здесь, однако, возможно возражение по поводу всеобщности разграничения понятий причинности и связи состояний. Хотя и верно, скажут нам, что понятие причинности следует разграничивать от понятия последовательности состояний для неизолированных систем, но для изолированных систем это разграничение лишено смысла, если в понятие состояния включить и силовое (динамическое) взаимодействие элементов системы. Кажется, что, описывая закономерную последовательность состояний такой системы, мы выражаем также все ее связи и взаимодействия.

При обсуждении этого вопроса следует иметь в виду, что, строго говоря, в природе не существуют абсолютно изолированные системы. Всякая реальная конечная система испытывает внешние воздействия, которые в той или иной степени сказываются на ее поведении.

⁴ См. У. Р. Эшби. Введение в кибернетику. М., 1959, стр. 23—43.

Но если даже принять, что изолированные системы существуют и их динамические факторы включены в понятие состояния, то и в этом случае причинные связи не будут тождественны связи состояний.

Солнечную систему, например, мы можем с некоторой точностью считать изолированной. Рассмотрим движение планет и их спутников относительно Солнца. Под состоянием этой системы будем понимать как кинематические характеристики (положение, скорость), так и динамические факторы (гравитационное взаимодействие). Зная состояние этой системы в некоторый данный момент, мы можем определить состояние этой системы в любой будущий момент времени. Все это так. Но и в этом случае, отвечая на вопрос почему эта планета, имеющая в данный момент определенное положение и скорость, изменяет направление и скорость своего движения, мы должны указать гравитационное взаимодействие планеты с Солнцем и другими телами Солнечной системы, которое, согласно Ньютону, и обуславливает это изменение движения планеты. Этим самым мы вычленим из всей совокупности связей причинную зависимость между гравитационным взаимодействием тел Солнечной системы и изменением их движения. Эта причинная зависимость не сводится к последовательности состояния системы, если даже включим в понятие состояния динамические факторы. Хотя состояние системы в данный момент и зависит от состояния системы в предшествующий момент времени, однако эта связь не носит силового, динамического фактора.

Данное состояние тела не может физически воздействовать на будущее состояние этого тела, тогда как причинное воздействие может передаваться от настоящего к будущему при помощи других материальных объектов, являющихся носителями причинного воздействия. Далее, если связь состояний всегда выражает отношение разных временных сечений одной и той же системы, то причинное отношение, в данном случае отношение между гравитационным взаимодействием и ускорением тяготеющих масс, может выражать, согласно концепции дальнего действия одновременно сосуществующие явления (взаимодействие и соответствующее ускорение) или связь этих явлений с некоторым запозданием в развитии эффекта по сравнению с действием причины, согласно концепции ближнего действия.

Для науки и практики важно знать не только причину

явления, но связь состояний этого явления, закон, по которому оно переходит из одного состояния в другое. Познавание законов изменения состояний вещи во времени позволяет предсказывать будущее состояние, если известно состояние вещи в данный момент времени. Например, зная закон изменения состояния летящего снаряда и зная его состояние в начальный момент вылета из ствола оружия, мы можем предсказать точку, которую поразит снаряд. Связь состояний летящего снаряда зависит от причин, вызывающих это движение. Если будут изменяться эти причины, то будет изменяться и связь состояний.

Плодотворность разграничения понятий причинности и связи состояний признают А. А. Соколов, Л. И. Сторчак, Я. Ф. Аскин и другие⁵. На основе разграничения причинности и последовательности состояний польский философ В. Краевский проводит интересный, содержательный анализ понятия причинной связи⁶.

Разграничение причинности и связи состояний эффективно используют в своих исследованиях проблемы детерминизма польский философ З. Августиник⁷ и болгарские философы А. Поликаров⁸ и Г. Братоев⁹.

Один из наших оппонентов, Л. Б. Баженов, хотя и выступает против разграничения понятий причинности и связи состояний, однако фактически принимает это разграничение, выражая его в других терминах¹⁰. То, что мы называем «причинной связью», он именует «наглядной причинностью», а «связь состояний» называет «теоретической причинностью».

Конечно, о словах не спорят, но все же следовало бы заметить, что термин «наглядная причинность» не являет-

⁵ А. Соколов. Новая книга о причинности в физике.— «Философские науки», 1962, № 6; Л. И. Сторчак (рец.). Г. А. Свечников. Категория причинности в физике.— «Вестник Академии наук СССР», 1962, № 3; Я. Ф. Аскин. Проблема времени. М., 1966, стр. 133.

⁶ В. Краевский. Проблема онтологической категории причины и следствия.— Сб. «Закон, необходимость, вероятность». М., 1967 г.

⁷ З. Августиник. Физический детерминизм.— Сб. «Закон. Необходимость. Вероятность».

⁸ А. Поликаров. Относительность и кванты.

⁹ Г. Братоев. Върху отношението на квантовата механика към принципа за причинността.— «Известия на Института по философия», т. VII, кн. 2, 1962.

¹⁰ См. «Философия естествознания». М., 1966, стр. 210—213.

ся удачным. Еще Д. Юм показал, что представление о причинной связи лишено всякой наглядности. Оно не дано ни в ощущениях, ни в восприятиях. Человек может наблюдать лишь постоянную очередность событий, но «после этого» еще не значит, что «по причине этого».

Обоснование существования в реальной действительности причинной связи, а не простой очередности событий, может быть дано, как это показывается в марксистской литературе, на основе критерия практики. Если я воспроизвожу явление, как оно происходит в природе, на основе его причины, то я этим самым доказываю, что данная причина при соответствующих условиях необходимо вызывает изучаемое явление.

Сам механизм причинения не лежит на поверхности явления, он не дан непосредственно в ощущениях и восприятиях, он тесно связан сущностью, внутренней структурой вещей, явлений. Этот механизм раскрывается мало-помалу на основе теоретической и практической деятельности человека. «Наглядная причинность» на деле оказывается отнюдь не наглядной. Скорее можно говорить о большей наглядности последовательности состояний объекта, чем его причинных связей. Мы сравнительно легко представляем себе кинематическую картину движения самолета («связь состояний») и гораздо труднее вскрываем его динамические взаимодействия, обуславливающие его движение («причинные связи»).

Вообще же говоря, как причинная связь, так и связь состояний не даны непосредственно в восприятиях и для своего познания требуют теоретической и практической деятельности людей.

Следует различать объективное состояние вещи от отражения этого состояния в человеческом сознании, в частности в научном познании. Под объективным состоянием вещи следует понимать совокупность всех свойств вещи. Иначе говоря, объективное состояние вещи есть совокупность ее количественных и качественных определенностей. Состояние вещи есть ее мера.

Каждая вещь представляет собой бесконечную совокупность свойств, внутренних процессов. Например, реальный шар обладает не только массой, координатами и скоростью, но и температурой, упругостью, теплопроводностью, электропроводностью, отражательной и поглощательной способностью, химическим составом, движением молекул, атомов,

элементарных частиц и т. д., и т. п. Поэтому для выражения состояния вещи необходимо, вообще говоря, бесконечное число переменных. Однако исчерпать их в каждый данный момент развития человеческого знания было бы невозможно.

Но оказывается, что при решении многих задач вовсе нет нужды учитывать всю бесконечную совокупность свойств вещи.

Дело в том, что не все факторы, присущие вещи, одинаково важны для выяснения данного поведения вещи. Например, для определения поведения вещи как механического объекта, перемещающегося в пространстве, существенны одни факторы, для определения поведения вещи как проводника электричества существенны другие факторы.

На основе этого мы можем абстрагироваться от бесконечного числа несущественных свойств и считать, что вещь обладает лишь конечным числом существенных в данном отношении факторов. Несущественным свойствам мы можем придать любое значение, в частности считать, что они отсутствуют, так как они не сказываются или почти не сказываются на остальных свойствах вещи. Так мы приходим к представлению об идеализированном образе вещи, обладающем конечным числом свойств и конечной структурой.

В классической механике вводится представление о материальной точке, абсолютно упругом теле, абсолютно твердом теле. В квантовой механике оперируют понятием элементарной частицы, обладающей массой, зарядом, спином и т. д., но не имеющей пространственных размеров. Хотя в природе не существует ни точки, ни абсолютно упругого тела, ни точечного электрона и других идеализированных объектов, однако эти представления отражают реальные вещи и их отношения.

Для каждого определенного свойства в науке вводятся те или иные характеристики. В физике особо важную роль играют численные характеристики существенных свойств вещи в данном отношении. Поэтому в классической физике под состоянием вещи понимают совокупность численных характеристик, отражающих эти существенные объективно существующие факторы в данном отношении.

В классической механике, например, состояние материальной точки определяется при помощи координат и скоростей (всего шесть параметров). Состояние абсолютно твердого тела выражается указанием его координат, цент-

ра тяжести, углами Эйлера и соответствующими скоростями (всего двенадцать параметров).

Состояние электромагнитного поля в классической электродинамике Максвелла характеризуется напряженностью электрического и магнитных полей; состояние газа в классической термодинамике характеризуется температурой, давлением и объемом; своими величинами характеризуется состояние химических объектов: молекул, атомов, радикалов и ионов.

В результате абстрагирования от несущественных факторов объективного состояния вещи создается возможность выразить в науке ее состояние с помощью конечного числа понятий и переменных.

Резюмируя сказанное, отметим:

1) при выяснении каузальности следует различать причинную связь и связь состояний,

2) причинная связь есть одна из форм отношения различных вещей, частей, элементов,

3) связь состояний есть отношение различных состояний одной и той же вещи, системы, целого.

Динамические связи и взаимодействия вещей материального мира определяют структуру пространства. Эволюция состояний материальных объектов определяет течение времени. «Анатомию» пространства следует искать в особенностях взаимодействий материальных структур. «Анатомия» времени определяется изменениями состояний материальных систем. Структура пространства-времени обосновывается причинно-следственными связями вещей, явлений реального мира.

Единство причинности и связи состояний

Причинность и связь состояний, будучи понятиями, отражающими различные аспекты движения, изменения вещей, взаимосвязаны друг с другом. Причинное отношение предмета определяет собой изменения состояний этого предмета — и, наоборот, связь состояний того или иного предмета предполагает его определенное причинное отношение.

Если какое-либо тело находится во взаимодействии с другим телом, то оно соответственно изменяет свое состояние. Если происходит изменение во взаимодействии тела,

то это сказывается на законе связи его состояний. Наоборот, изменение закона связи состояний тела указывает на изменение причины, обуславливающей его изменение. Например, данной механической силе, воздействующей на тело при определенных обстоятельствах, соответствует определенное механическое движение тела, т. е. определенная связь его состояний. Если меняется сила или масса тела, то соответственно меняется закон изменения состояний тела.

Данному движению тела будет соответствовать определенная сила, обуславливающая это движение.

Связь между причинностью и связью состояний выражается также в том, что необходимым причинам соответствует необходимый характер связи состояний, а случайным причинам — случайный характер связи состояний. Это положение имеет принципиальное значение для решения проблемы причинности в современном естествознании, поэтому его следует разобрать подробнее.

Для того чтобы вскрыть причины изменения той или иной вещи, необходимо, как уже было сказано, исследовать относительно изолированную систему, элементом которой является данная вещь.

При изучении различных явлений, одна и та же система может рассматриваться либо как изолированная, либо как неизолированная. Например, при грубом подсчете дальности полета снаряда система, состоящая из орудия, снаряда и Земли, может рассматриваться как относительно изолированная. При более точном подсчете необходимо учесть также взаимодействия снаряда с молекулами воздуха, космическими частицами и т. д. По мере развития науки и практики вскрываются новые типы взаимодействий вещей, оказывающиеся существенными для этих вещей и которые следует включать в систему, чтобы ее можно было рассматривать, как относительно изолированную.

Каждая относительно изолированная система является материальным носителем определенных внутренних, необходимых сцеплений причин и следствий. Взаимодействие элементов частей этой системы есть причина; вызываемое этим взаимодействием изменение системы есть следствие. Причина движения, изменения относительно изолированной системы лежит внутри системы и, следовательно, имеет по отношению к ней необходимый характер.

Изменение системы взаимодействующих вещей как единого целого представляет собой последовательное прохождение различных состояний, ступеней. Например, пусть имеется система S . Эта система из начального состояния (S_0) в исходный момент времени (t_0) переходит в состояние S_1 в следующий момент (t_1), затем в состояние S_2 и т. д. Очевидно, что при неизменных обстоятельствах состоянию системы S_0 в момент времени t_0 соответствует одно и только одно реальное состояние системы S_1 в последующий момент $t_0 + \Delta t$. Если же предположить, что одному и тому же начальному состоянию системы S_0 при одинаковых обстоятельствах соответствует не одно, а несколько возможных состояний системы ($S_1, S_2, \dots, S_i$) в какой-то определенный момент времени (t_n), то мы должны признать, что одной и той же причине при неизменных обстоятельствах соответствуют различные эффекты, что противоречит представлению о необходимости причинных связей. Ведь определенной причине (в данном случае внутреннему взаимодействию частей системы) при фиксированных обстоятельствах соответствует необходимая связь состояний.

Если каждому определенному начальному состоянию системы при неизменных условиях соответствует одно и только одно состояние системы в последующий момент времени, то начальное состояние системы при неизменных обстоятельствах с необходимостью обуславливает в любой последующий момент времени всю ее дальнейшую историю. Эта необходимая связь между состояниями, стадиями движения относительно изолированной системы есть результат действия внутренних, необходимых причинно-следственных связей.

Необходимая связь между состояниями существует, например, у механической системы материальных точек, находящейся в фиксированных внешних условиях. Однако наличие необходимой связи между состояниями не является исключительным свойством механических систем. Эта форма связи состояний присуща самым разнообразным явлениям реального мира (тепловым, электромагнитным и т. д.). Признание существования необходимой связи состояний у того или иного объекта не является механицизмом. К механицизму приводит утверждение о том, что все связи реального мира, в том числе связь состояний, могут быть выражены при помощи понятий и законов

какого-нибудь одного раздела науки, например: механики, термодинамики или теории электричества.

Необходимая связь между различными состояниями, стадиями движения одной и той же системы обуславливается необходимыми причинно-следственными связями. Но причины, вызывающие изменения того или иного объекта, могут быть по отношению к этому объекту и его условиям не только необходимыми, но и случайными. Случайные изменения объекта тоже причинно обусловлены, но было бы ошибкой отождествлять их с действием внутренней, необходимой причины по отношению к данной совокупности условий.

Действию случайных причин соответствует случайная связь состояний, характер которой зависит от характера случайных причин.

Отрицание причинности приводит к отрицанию необходимой связи состояний. Но отрицание необходимой связи состояний движения, изменений того или иного объекта не означает отрицания причинности. Начальное состояние объекта будет с необходимостью определять движение, изменение этого объекта в будущем лишь в том случае, если объект и его внешние условия представляют конечную, относительно изолированную систему, свободную от внешних случайных воздействий. Если же объект не представляет собой такой системы и испытывает внешние воздействия от случайных причин, то тогда движение объекта будет причинно обусловленным, но оно не будет определяться начальным состоянием объекта.

Если пренебречь слабым взаимодействием Солнца и планет со звездами, то Солнечная система может рассматриваться как относительно изолированная система, в которой движения тел обусловлены их внутренними взаимодействиями. Необходимые, внутренние причины обуславливают движение тел Солнечной системы относительно Солнца так, что связь состояний этой системы имеет необходимый характер. Это значит, что состояние тел Солнечной системы в некоторый данный момент времени однозначно определяет состояние этой системы в любой момент в будущем. Существование необходимой связи состояний позволяет предсказывать конфигурацию Солнечной системы в будущем, если известно ее состояние в настоящем. На этом основано предсказание солнечных и лунных затмений, предсказание движения планет и т. д.

Возьмем теперь пример из другой области. Броуновская частица, находящаяся во взвешенном состоянии в какой-либо жидкости, не может рассматриваться как относительно изолированная система, так как она испытывает случайные воздействия соударяющихся с нею молекул жидкости. В результате воздействия этих случайных факторов связь состояний броуновской частицы носит хаотический, беспорядочный характер. Начальное состояние частицы не определяет однозначно ее состояние в последующий момент. Из данного состояния частица может перейти в любое из огромного числа возможных состояний, соответствующих возможным воздействиям на частицу. Конечно, при движении частицы реализуется одна из этих возможностей в зависимости от случайных воздействий. Хотя связь состояний броуновской частицы носит случайный характер, однако это не означает, что ее движение причинно не обусловлено. Движение частицы обусловлено ее взаимодействием с окружающими молекулами.

В соответствии с объективной природой причинных связей и особенностями человеческого познания существуют разнообразные способы для отражения этих связей. В одних случаях причинные связи выражаются в форме качественных законов. Например: все металлы при нагревании в определенных условиях изменяют свой объем. В других случаях законы выражают зависимость между количественными характеристиками причины и следствия.

Отражение количественных характеристик причинной связи может быть как в форме закона однозначного (динамического) типа, так и статистического типа.

В естественных науках, особенно в физике, механике, астрономии и других, важно уметь выразить причинную связь в виде математических функций. В математике называют переменной величину y однозначной функцией переменной величины x в том случае, если каждому значению величины x соответствует единственное определенное значение величины y . Если изменению величины x соответствует определенное изменение величины y , тогда говорят, что величина y находится в функциональной зависимости от величины x , что математически записывается так: $y = f(x)$. Однозначная связь причины и следствия может быть выражена посредством однозначной функции, в которой независимая переменная обозначает причину, а зависимая переменная — следствие. Например, воздействие

растягивающей нагрузки на металлический стержень является причиной удлинения стержня. Если увеличится нагрузка, то это приведет к удлинению стержня. Если упругие напряжения в стержне не превосходят предела пропорциональности, то зависимость удлинения стержня от величины нагрузки математически может быть записана в следующей форме:

$$\Delta l = \frac{P \cdot l}{E \cdot F},$$

где Δl — величина удлинения стержня, P — величина нагрузки, F — площадь поперечного сечения стержня, E — модуль Юнга, характеризующий физические свойства металла, из которого сделан стержень.

Из этой записи причинной зависимости между нагрузкой и удлинением стержня видно, что следствие (удлинение стержня) зависит как от величины и характера внешнего воздействия, так и от физических свойств испытывающего эти воздействия стержня.

Функциональная зависимость есть лишь один из способов отражения причинных связей, и невозможность отражать их в виде математической функции не может быть основанием для утверждения о беспричинности явлений.

Математическое выражение причинной связи в форме функциональной зависимости имеет тот недостаток, что в нем затушевывается генетическая связь между причиной и следствием. Причина производит следствие, но следствие не производит свою причину. В математической же функции изменению x соответствует изменение y и, наоборот, изменению y соответствует изменение x . Иначе говоря, если y рассматривается как функция x , то и x может рассматриваться как функция y .

Возьмем, например, закон Бойля — Мариотта для идеальных газов. Согласно этому закону, для данной массы газа (m) при постоянной температуре (T) давление газа (P) меняется обратно пропорционально его объему (V).

$$P = \text{const}/V \text{ (при данных } m \text{ и } T).$$

Эта функциональная зависимость оказывается справедливой для всех видов изменений объема и давления газа при постоянных массе и температуре, однако она ни-

чего не говорит нам о том, изменение какой величины вызывает изменение другой. Чтобы вскрыть генетическую связь явлений, необходимо проанализировать реальные условия, вызывающие то или иное изменение газа. Когда поршень цилиндра, в котором находится газ, движется вверх, тогда увеличение объема является причиной уменьшения давления газа. В течение этого процесса изменение давления и объема определяется указанной функциональной зависимостью, однако она не выражает еще активности причины.

Если условия того или иного процесса являются не необходимыми, а случайными, т. е. могут быть одними, а могут быть и иными, то в этом случае причинно-следственные связи отражаются при помощи статистических методов. В статистических методах выражается величина вероятности появления того или иного следствия при совокупности случайных условий или связь между вероятностью появления данной совокупности случайных условий и вероятностью возникновения соответствующих результатов. Например, условия, определяющие движение однородной монеты, бросаемой при игре в герб и решку (сила бросания, начальное положение монеты, сопротивление воздуха и т. д.), обуславливают появление герба с вероятностью, равной одной второй. Случайный характер данного следствия объясняется случайным характером совокупности условий, обуславливающих данное следствие.

При помощи математической функции можно отразить не только причинную связь, но и связь состояний тех или иных объектов. Для этого необходимо обычно решить некоторые дифференциальные уравнения, связывающие параметры, характеризующие изменение состояний системы во времени при данных условиях.

Теорию движения системы, которая позволяет по состоянию этой системы в некоторый начальный момент времени однозначно, нестатистически предсказать ее состояние в любой будущий момент времени, в физике называют динамической. Когда построена динамическая теория той или иной системы, то обычно говорят, что имеет место лапласовский детерминизм. Саму систему в этом случае также называют динамической или детерминированной. Детерминированность системы в этом смысле слова означает, что начальное состояние системы однозначно определяет всю ее дальнейшую историю.

Динамическую теорию движения того или иного предмета можно построить лишь тогда, когда данный предмет, вместе с взаимодействующими с ним телами, образует относительно изолированную систему, свободную от действия случайных причин. «Закон причинности в его классической форме,— пишет В. Гейзенберг,— может быть определен, согласно его сути, только для замкнутых (т. е. изолированных— Г. С.) систем»¹¹.

Однако и в этом случае мы будем иметь лишь возможность для построения динамической теории предмета. Для того чтобы эту возможность превратить в действительность, необходимо: а) познать закон изменения величин, характеризующих состояние предмета при данных условиях, б) знать точно величины, характеризующие состояние предмета в начальный момент времени.

При выполнении этих онтологических и гносеологических условий мы можем построить динамическую теорию движения предмета. В тех случаях, когда выполняется первое условие, но не выполняется последнее, мы можем утверждать, что состояние предмета в данный момент необходимо определяет его состояние в будущем, однако мы не можем предсказывать наступление будущего вследствие недостаточности нашего знания на том или ином этапе развития науки и практики. Движение тел Солнечной системы было детерминировано и до открытия законов Ньютона, но люди научились точно предсказывать движение планет лишь после открытия этих законов.

Во многих разделах естественных и технических наук бывает трудно или даже невозможно на современном этапе их развития достаточно точно определить данные, характеризующие начальное состояние динамической системы, а также испытываемые ею внешние воздействия. При стрельбе, например, из орудия мы можем определить угол прицеливания в момент выстрела с весьма ограниченной точностью. То же самое можно сказать о начальной силе давления пороховых газов, о начальной скорости полета снаряда, об атмосферных условиях и т. д. В таком случае предсказание движения снаряда будет неизбежно неточным. Конечно, можно было бы пойти по пути последовательного уточнения исходных данных и восстановления

¹¹ В. Гейзенберг. Физические принципы квантовой теории. М.— Л., 1932, стр. 51.

динамической картины движения. Однако существует другой способ описания поведения динамических систем, который все более внедряется в современную науку. Это статистический метод.

Вместо того, чтобы динамически описывать поведение системы путем последовательного увеличения точности исходных данных, мы можем рассмотреть поведение множества независимых динамических систем, идентичных данной и отличающихся друг от друга лишь начальными и граничными условиями, которые изменяются в соответствующих пределах.

По поведению этого ансамбля систем судят о свойстве данной системы. Поведение ансамбля отражается при помощи методов теории вероятностей, на основе которых можно выразить вероятности тех или иных значений параметров, определяющих состояние систем. Далее оказывается возможным найти некоторые интегральные уравнения, которые связывают распределение вероятностей в некоторый данный момент с распределением вероятностей в будущем. Вид этих уравнений основывается на определенных представлениях о свойствах соответствующих динамических систем.

Так, на основе синтеза динамического и статистического подходов описывается поведение динамической системы, начальные и граничные условия которой недостаточно точно известны.

В качестве примера рассмотрим описание метеорологических явлений. В современной науке достаточно точно знают законы динамики атмосферы, и, если бы с достаточной точностью было известно состояние атмосферы в некоторый исходный момент времени, мы могли бы более или менее точно предсказать метеорологические явления. Основным препятствием на пути этого метода, предложенного Джоном фон Нейманом, является то, что бюро прогнозов располагают лишь ограниченной информацией о состоянии атмосферы в отдаленных точках в разные моменты времени. Это препятствие преодолевают лишь статистическими методами.

Итак, для описания динамической системы, начальные и граничные условия которой недостаточно определены, пользуются статистическими методами. Хотя к статистическим методам описания поведения динамических систем прибегают тогда, когда не обладают достаточной

информацией о ее поведении, однако обоснование самой статистики требует определенных представлений о внутренних необходимых свойствах этой системы. Статистика, отражающая поведение вращающегося волчка, отличается от статистики, выражающей изменение атмосферных явлений вследствие различных их внутренних свойств.

Далее. Если не выполняются онтологические условия построения динамической теории поведения системы, т. е. когда система и ее условия испытывают воздействие случайных факторов, то связь состояний предмета в настоящем и будущем не может быть выражена при помощи однозначного функционального отношения. Если случайные воздействия на систему меняются в некотором диапазоне, принимая всевозможные значения, то для выражения связи между состоянием предмета в данный момент и его состоянием в любой последующий момент времени пользуются статистическими методами. Статистические теории выражают вероятность перехода объекта из начального состояния в любое из возможных состояний.

Статистические методы употребляются для отражения связи состояний системы также и в том случае, когда ее условия фиксированы, но варьируется в определенных пределах ее исходное состояние. Статистические теории в этом случае выражают связь вероятности осуществления той или иной возможности начального состояния системы с вероятностью осуществления тех или иных состояний системы в определенный момент времени.

В общем случае статистические теории движения того или иного предмета отражают совокупность его возможных движений, обусловленных вариацией в соответствующих пределах начального состояния и условий.

Несмотря на то, что в статистических теориях не устанавливаются однозначные соответствия между состоянием предмета, они не противоречат признанию причинной обусловленности его движений, развития¹². Очевидно, что при движении предмета реализуется лишь одна возможность. Эта осуществившаяся возможность является единством возможности и действительности, представляет собой необходимый результат взаимодействия данного предмета с окружающими его телами.

¹² См. А. С. Монин. О двух формах выражения причинности.— «Вопросы философии», 1959, № 4.

Таким образом, онтологическое условие построения динамической теории движения того или иного объекта сводится к возможности рассмотрения этого объекта и взаимодействующих с ним тел в качестве некоторой изолированной системы, начальное состояние которой не варьируется, не флуктуирует.

Классическая физика, занимающаяся изучением макроскопических тел, строится на предположении о возможности изоляции вещей или систем. В области макроскопической физики изоляция предмета или системы возможна потому, что макроскопическое тело достаточно велико, чтобы можно было пренебречь малыми, несущественными воздействиями на него со стороны окружающих тел.

Если макроскопическая система испытывает некоторые внешние воздействия, то, соответствующим образом расширяя систему, включая в нее эти внешние воздействия, мы получим новую систему, по отношению к которой эти внешние воздействия будут внутренними. Этот процесс расширения системы в принципе не может быть закончен, так как всякая конечная система, как бы она ни была велика, будет взаимодействовать с окружающими телами. Однако роль внешних воздействий на систему, как это показал Эддингтон, по мере расширения системы, будет асимптотически приближаться к нулю¹³. Поэтому в макроскопической области в принципе всегда можно выделить относительно изолированную систему, внешними взаимодействиями которой можно пренебречь.

В области микрофизики, вследствие малости микрообъектов и конечности кванта действия, мы, по-видимому, не можем изолировать микрообъект или конечную систему микрообъектов в такой же степени, как это было возможно в сфере макроскопической.

Каждая микрочастица взаимодействует прямо и опосредствованно со всеми остальными частицами мира. Поэтому состояние любой микрочастицы, строго говоря, зависит не только от ее внутренней структуры, но и от огромного числа внешних воздействий, имеющих по отношению к рассматриваемому объекту случайный характер.

Если бы мы попытались рассмотреть поведение системы, состоящей из всех взаимодействующих частиц мира,

¹³ См. А. Эддингтон. Пространство, время и тяготение. М., 1923, стр. 154.

то хотя такая система может и быть онтологически детерминированной, однако для такой системы мы не смогли бы определить ее начальное состояние и внутренние взаимодействия, обуславливающие ее эволюцию. Для описания такой системы мы неизбежно должны были бы прибегнуть к статистическим методам.

Вряд ли имеется серьезное основание для надежды, что ближайшее развитие науки откроет возможность для построения детерминистической в классическом смысле теории микропроцессов, так как с проникновением в глубь материи роль случайностей в определении механического движения возрастет, а возможность абстрагирования от всеобщего универсального взаимодействия уменьшится. Скорее всего следует ожидать, что с проникновением в глубь материи роль статистических методов в науке будет возрастать. Однако в соответствии с принципом отрицания следует ожидать, что на каком-то этапе научного познания, на какой-то ступени углубления внутрь материи существенно-статистическая картина мира сменится диалектическим синтезом динамического и статистического описания, конкретный характер которого может быть найден на основе естественнонаучных исследований.

На основе выясненных отношений между причинностью и связью состояний мы можем сформулировать соотношение между различными значениями понятия причинности в современной физике.

Классический детерминизм (онтологический аспект лапласовского детерминизма) представляет собой частный случай связи состояний, когда эта связь носит необходимый характер, и возможен лишь тогда, когда система не испытывает никаких внешних, случайных воздействий. Так как в природе не существует абсолютно изолированных систем, то понятие классического детерминизма является предельным, абстрактным понятием, которое применимо постольку, поскольку ту или иную систему можно рассматривать в некотором отношении как относительно изолированную.

Лапласовский детерминизм (в обычном понимании) выражает идеал абсолютного знания, когда абсолютно точное знание начального состояния классически детерминированной системы и знание законов изменения ее состояний позволяют делать абсолютно точные предсказания относительно будущего системы.

Математический детерминизм совпадает с лапласовским детерминизмом в тех случаях, когда величины, входящие в соответствующие дифференциальное или интегральное уравнения, непосредственно характеризуют реальное состояние системы. В тех же случаях, когда величины, входящие в соответствующие уравнения, отражают лишь те или иные возможности реального поведения системы, математический детерминизм не совпадает с лапласовским детерминизмом.

В классической механике и электродинамике Максвелла лапласовский детерминизм совпадает с математическим детерминизмом, так как уравнения Ньютона и уравнения Максвелла отражают изменение во времени реального состояния соответствующих систем.

В квантовой механике математический детерминизм отличается от лапласовского детерминизма. Уравнение Шредингера отражает, в общем случае, лишь те или иные возможности поведения микросистем при фиксированных макроскопических условиях.

Соотношение между причиной и следствием во времени.

Связь состояний и необратимость времени

Решение вопроса о соотношении причины и следствия во времени зависит от понимания причинности и естественнонаучных представлений о распространении материальных процессов в пространстве и времени.

Многие авторы-марксисты считают, что причина всегда предшествует следствию. *«Причиной,— писал, например, М. А. Леонов,— мы называем явление, которое предшествует другому явлению и вызывает его»*¹⁴. Аналогичную точку зрения отстаивают В. П. Тугаринов¹⁵, В. И. Свидерский¹⁶, авторы «Основ марксистской философии»¹⁷ и другие.

¹⁴ М. А. Леонов. Очерк диалектического материализма. М., 1948, стр. 140.

¹⁵ См. В. П. Тугаринов. Законы объективного мира, их познание и использование. Л., 1954, стр. 49.

¹⁶ См. В. И. Свидерский. Противоречивость движения и ее проявления, стр. 42.

¹⁷ См. «Основы марксистской философии». М., 1958, стр. 195.

Наряду с этим существует и точка зрения, согласно которой причина и следствие действуют одновременно. Такую точку зрения высказывал А. И. Уёмов. Однако свой анализ он ограничивает полной и непосредственной причиной¹⁸.

Тезис об обязательном предшествовании причины следствию во времени принимается многими авторами как само собой разумеющееся и не нуждающееся в обосновании положение. Правда, отдельные авторы приводят в качестве доказательства этого положения примеры, которые в действительности доказывают лишь то, что существуют такие виды причинных связей, у которых причина предшествует следствию. Но их нельзя рассматривать как основание для *исключительного* суждения о том, что во *всех* видах причинных связей причина предшествует следствию.

В некоторых случаях положение «причина предшествует следствию» обосновывается тем, что-де признание одновременности причины и следствия неизбежно приводит к отрицанию движения, развития природы во времени. «Если признать,— говорил М. А. Леонов,— одновременность причины и следствия, как допускают некоторые философы-идеалисты, то весь мировой процесс сократится до одного мгновения, до одного момента времени, и мир лишился бы своей истории»¹⁹.

Рассмотрим этот аргумент.

Прежде всего одновременность причины и следствия признавали не только идеалисты, например Кант²⁰, но и

¹⁸ «Под причиной,— пишет А. И. Уёмов,— понимается именно полная причина как совокупность всего того, что нужно для возникновения данного явления» (А. И. Уёмов. О временном соотношении между причиной и действием. Борьба против идеализма в квантовой механике и временное соотношение причины и действия.— Ивановский гос. пед. ин-т. Ученые записки, т. XXV, вып. I, 1960, стр. 7).

¹⁹ М. А. Леонов. Очерк диалектического материализма, стр. 144.

²⁰ Кант наряду с априорно устанавливаемой причинностью, в которой причина предшествует следствию, признавал существование апостериори устанавливаемых действующих причин, большинство которых существует одновременно со своим следствием (действием). «... Причина и действие могут существовать в одно и то же время,— писал он.— Например, в комнате теплее, чем на улице. Я ищу причину этого и нахожу ее в том, что печь натоплена. Но эта натопленная печь, как причина,

материалисты, например Гоббс²¹. Далее, признание предшествования причины следствию у некоторых идеалистов (например, у Юма) уживается с субъективистской теорией причинности.

Наконец, признание одновременности причины и следствия не означает признания того, что материальные процессы происходят вне времени. Это могло бы быть лишь в том случае, если бы предполагалось, что явление-причина и явление-следствие существуют одно мгновение. Но допущение сосуществования причины и следствия вовсе не требует такого предположения. Оно вполне согласуется с признанием, что причина и следствие существуют в течение некоторого конечного промежутка времени, достаточно лишь признать, что причина и следствие возникают и прекращают свое существование одновременно. У Гоббса, например, признание одновременности причины и следствия существует наряду с признанием того, что причина и следствие — суть процессы, происходящие во времени.

Кроме того, необходимо указать на противоречивость рассуждений авторов, придерживающихся взгляда о последовательности причины и следствия во времени. С одной стороны, они говорят, что причина всегда предшествует следствию, а потому допускают возможность существования причины без следствия, хотя бы малый промежуток времени. С другой стороны, они утверждают, что причина и следствие всегда взаимодействуют друг с другом. Здесь

сосуществует со своим действием, теплотою в комнате; следовательно, здесь нет временной последовательности между причиной и действием, они сосуществуют, а между тем закон причинности приложим к этому случаю. *Большая часть действующих причин в природе сосуществует со своими действиями, и последовательное расположение их во времени обуславливается лишь тем, что причина не может произвести всего своего действия в один момент. Но в тот момент, когда действие впервые возникает, оно всегда сосуществует с причинностью своей причины, так как оно не возникло бы, если бы за мгновение до его появления причина исчезла*» (И. Кант. Критика чистого разума. Пг., 1915, стр. 151; курсив мой.— Г. С.).

²¹ Т. Гоббс считал, что полная причина, представляющая собой совокупность акцидентий активного и пассивного тел, наступает одновременно со своим действием. «...С появлением причины,— писал он,— во всей ее совокупности должно немедленно наступить и действие» (Т. Гоббс. Избранные сочинения. М., 1926, стр. 86).

имеется явное логическое противоречие. Если причина предшествует следствию, то в промежуток времени, в течение которого причина предшествует своему эффекту, не может быть взаимодействия. Если утверждается, что причина и следствие всегда взаимодействуют, то этим самым мы предполагаем, что причина одновременная со своим следствием. Взаимодействие объектов предполагает их существование.

Рассмотрим подробнее вопрос о временном соотношении причин и следствий в обоих видах причинной связи, существующих в реальной действительности.

Существенную роль при решении этого вопроса играет современное естественнонаучное представление о конечной скорости распространения воздействия от одного тела к другому.

Возьмем сначала случай опосредствованного воздействия одного объекта на другой. Положим, что имеется событие, вроде мгновенной вспышки электрической лампы, испускающей электромагнитные волны определенной длины. Через некоторый промежуток времени (Δt) электромагнитная волна распространится на расстояние $l = V \cdot \Delta t$ (где V — скорость распространения волны) и вызовет определенное возмущение в точке B , удаленной от источника света A на расстояние l . Событие A есть причина, событие B — возмущение, вызванное источником света A в точке B . Если скорость распространения воздействия конечна, то причина предшествует следствию, следствие наступает спустя некоторое время после причины.

Таким образом, в случае, когда тело воздействует на другое опосредствованно, причина необходимо предшествует следствию, действие же следует во времени за причиной.

Если учесть, что в реальной действительности всякий процесс происходит во времени и пространстве, то можно сказать, что в случае опосредствованного причинения начало действия причины предшествует во времени началу возникновения следствия.

Проанализируем теперь случай непосредственного воздействия одного тела на другое. Пусть движущийся бильярдный шар сталкивается с покоящимся относительно стола бильярдным шаром и приводит его в движение. Причинная связь здесь состоит в том, что движущийся шар передает часть своей энергии покоящемуся, в результате чего последний приходит в движение. Поскольку шар — носи-

тель причины должен сначала обладать необходимой энергией, прежде чем передать ее другому шару, то в этом смысле причина предшествует следствию.

Однако шар, не соприкасающийся с покоящимся шаром, не есть еще причина. Он — причина возможная, потенциальная, которая превращается в действительность лишь при непосредственном соприкосновении. Но как только движущийся шар придет в соприкосновение с покоящимся, он сразу же начинает воздействовать на него и мало-помалу приводит его в состояние движения до тех пор, пока он не сообщит последнему определенную скорость, зависящую от массы соударяющихся шаров и скорости движущегося шара. Начало воздействия одного шара и начало изменения скорости второго совпадают. Совпадают также конец воздействия и конец изменения скорости движения второго шара. Следовательно, продолжительность воздействия шара и промежуток времени, в течение которого происходит изменение скорости движения испытывающего воздействие шара, равны.

Этот вывод становится более очевидным, если проведем рассмотрение на основе закона сохранения энергии. Положим, для определенности рассуждения, что шары взаимодействуют лишь друг с другом и поэтому составляют в процессе взаимодействия замкнутую систему. Взаимодействие происходит непосредственно через соприкосновение шаров. Согласно закону сохранения энергии, общее количество энергии замкнутой системы не изменяется. Из этого следует, что в тот самый момент, когда один шар сообщит другому некоторое количество энергии ΔE , первый шар потеряет такое же количество энергии ΔE . Противоположное предположение противоречило бы закону сохранения энергии:

Закон сохранения энергии необходимо предполагает, что начало энергетического воздействия одного тела на другое и изменение энергетического состояния второго тела совпадают. Очевидно также, что момент, когда один шар перестанет действовать, т. е. сообщать энергию, совпадает с моментом, когда второй шар перестанет испытывать это воздействие, т. е. изменять свое энергетическое состояние. Это значит, что конец действия причины совпадает с концом возникновения следствия. Конечно, внутренние изменения в шаре (распространение деформации, перераспределение энергии и т. д.) будут продолжаться и после

столкновения, однако они обусловлены другими факторами — внутренним взаимодействием элементов шара.

Общий же итог таков, что в случае непосредственного энергетического воздействия одного тела на другое начало действия причины совпадает с началом возникновения следствия и конец действия причины совпадает с концом возникновения следствия.

Это утверждение вовсе не противоречит, как думают некоторые авторы, признанию того, что «порождение причины следствием представляет собой процесс той или иной длительности...»²². Во все нет. Процесс действия причины и возникновения следствия может длиться в течение как очень больших, так и очень малых промежутков времени. В разбираемом случае столкновения упругих шаров он длится доли секунды, почти мгновенно, в других явлениях, например в случае теплового взаимодействия батареи отопительной системы с воздухом в комнате, этот процесс может длиться очень долго.

Представления о том, что процесс действия причины совпадает во времени с процессом возникновения следствия, не противоречит также и специальной теории относительности, как полагают некоторые наши оппоненты²³.

Мы не только признаем, но и подчеркиваем, что в случае опосредованного причинения начало активности носителя причины предшествует началу возникновения следствия. Но в предельном абстрактном случае, когда взаимодействие тел можно рассматривать как контактное, время, необходимое для распространения непосредственного физического воздействия от одного тела к другому, равно нулю. Если в некоторый момент от одного тела к другому проходит через элементарную площадку соприкосновения некоторое количество энергии, то в тот же самый момент другое тело получает такое же количество энергии.

Если поверхность соприкосновения тел достаточно мала и может рассматриваться в качестве бесконечно малого элемента, стягивающегося в точку, в этом случае события, одновременные в этой точке, будут абсолютно одновре-

²² См. *О. М. Волосевич, В. И. Корюкин*. Новая книга о причинности в физике. — «Философские науки», 1962, № 6, стр. 112.

²³ См., напр. *А. Голик, А. Шугайлин*. Важная философская проблема современной физики. — «Вопросы философии», 1962, № 7, стр. 161.

менными, т. е. будут одновременными относительно любого наблюдателя. В случае, когда поверхность соприкасающихся тел конечна, мы можем разбить расстояние между атомами на бесконечное число бесконечно малых элементов и тем самым представить воздействие одного тела на другое в виде бесконечной совокупности точечных воздействий.

Одним словом, представление об одновременности начала причинения и начала возникновения следствия и конца причинения и конца становления следствия не противоречит специальной теории относительности.

Итак, в случае непосредственного воздействия одного тела на другое начало действия причины совпадает с началом возникновения следствия и конец действия причины совпадает с концом возникновения следствия. Но и в этом случае можно говорить, что причина предшествует следствию, если причину относить к моменту начала ее действия, а следствие — к моменту завершения его возникновения.

Рассмотрим вопрос о временном соотношении между причиной и следствием в том виде причинности, в котором в качестве причины выступает взаимодействие вещей, сторон, частей предметов и явлений.

Продолжительность действия причины и продолжительность возникновения следствия в этом виде причинности совпадают и равны промежутку времени между началом взаимодействия и моментом, когда завершается становление соответствующего следствия. Этот промежуток времени разный для различных взаимодействий, но для каждого определенного изменения вещи он конечен.

Правда, и в этом случае можно говорить, что причина предшествует своему следствию, если условно относить время причины к начальному моменту, приурочивая причину (взаимодействие) к началу процесса, а время следствия — к тому моменту, когда оно уже как-то проявило себя. Возьмем в качестве примера тепловое взаимодействие между водой, налитой в калориметр, и нагретым телом, опущенным в эту воду. Следствие (изменение температуры воды и тела) проявляется сразу, как только возникает взаимодействие объектов. Но в начальный момент взаимодействия температура воды и температура тела не изменились, а только начали изменяться.

В процессе взаимодействия происходит постепенное по-

вышение температуры воды и понижение температуры тела. Пусть в некоторый момент времени мы наблюдали определенное изменение температуры воды и тела, что является следствием взаимодействия этих тел в течение промежутка времени от начала до данного момента. Говоря о последовательности причины и следствия во времени, естественно время следствия отнести к тому моменту, когда мы наблюдали определенное изменение температуры взаимодействующих тел, а время причины — к началу взаимодействия. Именно так понимается временная последовательность причины и следствия, когда говорят, что вода в калориметре нагрелась к данному времени на столько-то градусов вследствие того, что в нее было опущено нагретое тело. Всякое изменение системы взаимодействующих объектов является следствием предшествующего взаимодействия этих объектов.

Итак, существуют разные соотношения между причиной и следствием во времени в зависимости от вида причинных связей. В случае опосредованного воздействия одной вещи на другую причина предшествует своему следствию. В случае непосредственного взаимодействия (а также одностороннего воздействия) начало действия причины совпадает с началом становления следствия, а конец действия причины — с концом становления следствия.

Если в некоторых случаях причинения причина сосуществует во времени со своим следствием, то разные состояния одной и той же вещи всегда возникают в различное время. Не может быть так, чтобы два последовательных состояния одного и того же предмета были одновременны. Признание такой возможности означало бы допущение существования процессов вне времени. Для всех реальных процессов, распространяющихся с конечной скоростью, такая возможность исключена.

Очевидно, что справедливо и обратное заключение. Каждому данному состоянию вещи в одной и той же системе отсчета соответствует один определенный момент времени. Если бы одному и тому же состоянию предмета соответствовали в данной системе отсчета несколько различных моментов времени, то это означало бы признание независимости времени от материальных явлений.

Итак, между состояниями вещи и моментами времени существует однозначная связь. Каждому состоянию системы соответствует определенный момент времени — и, нао-

борот, каждому моменту времени соответствует определенное состояние системы. Если состояние системы обозначить через S_i , а соответствующий момент времени t_i , то последовательности состояний и моментов времени будут выражены так:

$$\begin{array}{ccccccc} S_1 & S_2 & S_3 & \dots & S_n \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \\ t_1 & t_2 & t_3 & \dots & t_n \end{array}$$

Зная последовательность состояний системы, мы можем судить о последовательности моментов времени — и, наоборот, по последовательности моментов времени можно определить последовательность изменения состояний системы.

Если в гносеологическом плане можно говорить, что порядок состояний системы определяет порядок моментов времени и наоборот, то в онтологическом плане, в реальном бытии именно порядок состояний с необходимостью определяет направление течения времени, поскольку время есть форма, содержание которой составляют материальные процессы, но не наоборот. Поэтому ключ к решению проблемы направления времени, к обоснованию его необратимости следует искать в особенностях изменений состояний материальных систем.

Повседневная практическая деятельность людей свидетельствует о том, что мы не можем остановить время, повернуть его вспять. Объективное время необходимо идет от прошлого к будущему. Необратимость времени означает, что последовательность моментов времени $t_1, t_2, \dots, t_n$ не может быть изменена, время не может течь в обратном направлении.

Обратимость времени означала бы возможность изменения последовательности состояний системы $S_1, S_2, \dots, S_n$ на обратную: $S_n, S_{n-1}, \dots, S_2, S_1$. Но возможны ли такие процессы в реальном мире?

Прежде всего очевидно, что изменение последовательности состояний системы невозможно в области биологических явлений. Мы знаем, что живое рождается, созревает, стареет и умирает. Смерть является неизбежным результатом необратимого течения времени. Эволюция каждого живого существа происходит в одном направлении.

Определенную направленность имеет развитие общественных явлений. В целом общество развивается от одной

общественно-экономической формации к другой, более высокой, последовательно проходя стадии первобытнообщинного строя, рабовладения, феодализма, капитализма и разные ступени коммунизма. Конечно, в некоторых случаях в определенных условиях возможны отдельные зигзаги в развитии страны или переход ее от данной общественной формации к более высокой, минуя промежуточные этапы, но это не меняет общей прогрессивности общественного развития. Объективным критерием для определения направления развития общества является способ производства, представляющий единство производительных сил и производственных отношений.

Сложнее обстоит дело с выбором объективного критерия для определения направленности изменения состояний механических, физических и химических систем.

В классической и квантовой механике, как известно, допускается течение времени в обратном направлении. Это обосновывается тем, что в уравнениях движений классических и квантовых объектов можно изменять знак времени на обратный ($+t$ заменить на $-t$) и при этом уравнения движения не изменятся. Но можно ли на основе этого сделать заключение, что реальное время, как форма соответствующих материальных процессов, также обратимо?

Представление классической и квантовой механики об обратимости времени отражает абстрактное предположение об абсолютной обратимости состояний механических и квантовых объектов. В реальной же действительности нет абсолютно обратимых движений, подобно тому, как не существует материальной точки, имеющей массу, но не обладающей размерами, или абсолютно упругого тела. Если учесть внутреннюю структуру механических объектов (например, их атомно-молекулярное строение), то мы обнаружим, что каждое состояние объекта отличается от всех предыдущих, даже в том случае, когда с точки зрения макроскопической физики состояния его являются тождественными. Например, с точки зрения классической физики абсолютно упругий шар, отталкивающийся от абсолютно упругого пола, должен повторять движение вверх и вниз в течение бесконечного времени. Это представление основывается на абстрагировании от процессов, происходящих внутри шара. Но если их принять во внимание, то станет очевидным, что данное

реальное состояние никогда не повторяется, а последовательность состояний шара необратима.

Подобно тому, как представление об абсолютно тождественных самим себе механических объектах является предельным, абстрактным понятием, точно так же абстрактно представление об обратимости последовательности состояний механических систем. Правда, такое абстрагирование необходимо для познания механических движений, для вскрытия их законов. Если бы мы не абстрагировались от неисчерпаемых до конца внутренних процессов механических систем, мы никогда не познали бы законы их движения. Поэтому нельзя отрицать целесообразность подобного рода абстракций. Но было бы не менее серьезной ошибкой приписывать эти абстрактные качества самой реальности, хотя они и отвлечены логически из самой действительности.

Не дает достаточных оснований для расширения проблемы направления времени и квантовая механика, хотя ее представления совместимы с версией обратимости времени. Дело в том, что в квантовой механике речь идет о статистической обратимости. Эта обратимость выражается в форме временной симметрии законов, определяющих изменение во времени распределений вероятностей, характеризующих поведение микросистем. Но на основе обратимости статистических законов квантовой механики мы не можем сделать вывод об обратимости индивидуальных квантовых процессов. Вопрос об обратимости или необратимости реальных микропроцессов остается открытым в квантовой механике.

Г. Рейхенбах, как и ряд других авторов, в качестве существенной характеристики состояния системы, на основе которой можно судить о направлении времени, выбирает энтропию. Исходя из этого, положительное направление времени Рейхенбах определяет как «то направление, в котором протекает большинство термодинамических процессов в изолированных системах»²⁴. Так как направление изменения энтропии всей Вселенной может отличаться от тенденции изменения энтропии отдельных ее частей, то Рейхенбах приходит к выводу, что нельзя говорить о течении времени *в целом* для Вселенной, а только для ее отдельных изолированных систем, кото-

²⁴ Г. Рейхенбах. Направление времени. М., 1962, стр. 174.

рое может быть и неодинаковым. Подобные идеи, как это отмечает и сам Рейхенбах, еще раньше развивал известный физик Л. Больдман.

Я. П. Терлецкий также считает, что на основе изменения энтропии системы можно судить о направленности процессов во времени. Вместе с тем он подчеркивает, что «в современной физике твердо установлен факт абсолютной обратимости всех элементарных физических процессов, т. е. факт отсутствия какого-либо выделенного направления течения времени для явлений микромира»²⁵. Противоречие между необратимостью во времени макропроцессов и обратимостью процессов в микромире снимается, по утверждению Я. П. Терleckкого, статистической физикой, где закон возрастания энтропии рассматривается как статистическое правило, справедливое почти как абсолютный закон для макропроцессов, в микропроцессах это правило проявляется лишь в форме вероятностей тенденции.

С. Т. Мелюхин считает, что закон возрастания энтропии, т. е. приближение системы к термодинамическому равновесию, нельзя считать единственным и универсальным критерием направления времени вследствие его статистического характера. Во Вселенной возможны флуктуации — случайные отклонения от нормального хода процессов, характеризующегося увеличением энтропии для замкнутых систем. Возможность флуктуации создает серьезные трудности в определении направления времени как формы бытия всего материального мира²⁶.

Законы сохранения, по-видимому, также не могут быть основным критерием для обоснования необратимости времени, так как сохранение тех или иных свойств изолированной системы не зависит от изменения направления времени.

Причинная связь также не может быть основанием — во всяком случае единственным основанием — для определения направления времени. Дело в том, что при определении временного соотношения причины и следствия явно или неявно исходят из предположения о направлении из-

²⁵ Я. П. Терлецкий. Принцип причинности и второе начало термодинамики. — «Доклады Академии наук СССР», 1960, 133, № 2, стр. 329.

²⁶ С. Т. Мелюхин. О диалектике развития неорганической природы. М., 1960.

менения времени от прошлого к будущему. Возникает опасность попасть в порочный круг. Поэтому было бы важно найти другой, независимый от причинности, критерий для определения направления времени. Таким критерием, или основанием, на наш взгляд, может быть закон выражающий связь состояний материальных систем²⁷. Нельзя не согласиться с утверждением Я. Ф. Аскина, что «отношения причин и следствий не исчерпывают всех отношений в аспекте временной последовательности, поскольку в развитии одного объекта имеется связь состояний, которая характеризуется отношением «позже-раньше» и не будучи связана непосредственно причинным действием, которое характеризует отношение между двумя объектами. Сам процесс существования всякой отдельной вещи, как имеющий начало и конец, предполагает определенный направленный временной порядок, лежащий уже в основе самого употребления терминов «начало существования» и «конец существования»... Все сказанное свидетельствует о том, что для обоснования необратимости времени ссылка на причинную связь событий должна быть дополнена другими аргументами»²⁸.

К. Р. Поппер и А. Грюнбаум²⁹⁻³⁰ полагают, что о необратимости времени можно судить на основе изучения распространения волн, испускаемых точечными источниками (например, электромагнитные волны в пустоте). Они считают, что эти процессы по природе своей необратимы и определяют анизотропию времени макрообластей, в которой происходят. Необратимость этих процессов определяется начальными условиями их протекания, а именно — избытком процессов испускания над процессами поглощения. Если эти представления и обоснованы, то все равно остается открытым вопрос о возможности экстраполяции их на весь материальный мир.

Для решения вопроса о направлении времени необходимо определить порядок последовательности состояний материальных систем, характеризуемых определенными

²⁷ См. Г. А. Свечников. Категория причинности в физике, стр. 114.

²⁸ Я. Ф. Аскин. Проблема необратимости времени. — «Вопросы философии», 1964, № 12, стр. 91; *его же*. Проблема времени. М., 1966, стр. 133.

²⁹⁻³⁰ А. Grunbaum. Philosophical Problems of Space and Time. N. Y., 1963.

признаками. По-видимому, необходимость времени, как формы существования материальных процессов, можно считать обоснованной, если будет показано, что ряд состояний Вселенной имеет одну, необратимую направленность.

Решение этой задачи представляет весьма сложную проблему, поскольку мы не в силах вскрыть все характеристики системы в силу неисчерпаемости природы. Поэтому задача сводится к тому, чтобы из совокупности этих характеристик свойств системы выделить некоторое конечное число их, существенных для этой системы, на основе которых можно было бы вскрыть закон динамического типа, связывающий все последовательные состояния системы, и показать, что эта последовательность необратима.

Возможно, что основание для суждения о направленности времени принесут исследования нарушения СР-инвариантности, наблюдаемые при распаде нейтральных K -мезонов.

Если СР-инвариантность нарушается в некоторых микропроцессах, то, по-видимому, должна нарушаться инвариантность относительно обращения времени. Это означало бы, что время, принятое в модельных представлениях современной физики элементарных частиц, течет в определенном направлении. В каком отношении это представление находится к реальному времени, должен решить непосредственный эксперимент. Однако до сих пор нет непосредственных экспериментальных данных, подтверждающих нарушение T -инвариантности в каких-либо процессах.

ПРИЧИННОСТЬ И СВЯЗЬ СОСТОЯНИЙ В ДОКВАНТОВОЙ ФИЗИКЕ

Сила как причина изменения механического движения

Классическая механика занимается изучением медленных (по сравнению со скоростью света) движений макроскопических тел. Основные физические теории XX в. — теория относительности и квантовая механика, революционизировавшие всю современную науку, — не отменяют принципов классической механики, они лишь уточняют сферу их применения. Классическая механика остается истинной в своей области. Большинство современных технических инженерных расчетов производится на основе законов классической механики. Поэтому творения Галилея и Ньютона никогда не потеряют своего огромного теоретического и практического значения.

Основным объектом классической механики является материальная точка, т. е. тело, обладающее конечной массой, но размерами которого можно пренебречь при изучении его движения. Возможность абстрагирования от размеров тела зависит от характера изучаемого явления. Если рассматривается, например, движение свободно падающего камня, то камень можно считать материальной точкой. Если же нас интересует его вращательное движение, то мы не можем пренебрегать размерами тела.

Любое тело (абсолютно твердое, упругое, жидкое и газообразное) рассматривается в классической механике как некоторая совокупность материальных точек. Абсолютно твердое, недеформирующееся тело рассматривается как система материальных частиц, сплошь заполняющих некоторое пространство, в котором расстояние между любыми двумя точками остается постоянным. Деформирующееся тело, а также жидкие и газообразные тела в механике представляются в виде системы связанных между

собой частиц, сплошь заполняющих некоторую часть пространства, в которой изменяется расстояние между частицами.

Основной объект — материальная точка — рассматривается в классической механике, подобно атомам Демокрита, как качественно неизменная сущность, могущая изменять лишь скорость механического движения и положение в пространстве. При движении материальная точка описывает определенную геометрическую линию — траекторию.

В своих исследованиях Ньютон, систематизировавший основы классической механики, исходил из материалистических принципов: признания материальности мира, объективности пространства, времени, движения. По Ньютону, существует материя и независимые от нее пространство и время. Пустое абсолютное пространство неподвижно; движение в нем абсолютно. Существует также относительное движение в относительном пространстве. Если груз меняет свое место, например, относительно корабля, то говорят, что этот груз совершает относительное движение.

Одним из важнейших принципов механики Ньютона является принцип причинности, с устранением которого разрушилось бы все стройное здание этой науки. Основной задачей науки Ньютон считал отыскание следствий по известным причинам или отыскание причин по данным следствиям. Для того чтобы объяснить то или иное явление, достаточно, по Ньютону, вскрыть порождающие его причины.

В книге «Математические начала натуральной философии» Ньютон излагает правила философствования, т. е. правила отыскания причин явлений природы. Прежде всего не следует *«принимать в природе иных причин сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснения явлений»*¹. Причины, по Ньютону, находятся в самой природе. Они познаваемы и достаточны для объяснения явлений. Приписывать природе можно лишь такие причины, которые установлены на основе наблюдений эксперимента. Причины сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснения явлений, не должны вводиться в

¹ И. Ньютон. Математические начала натуральной философии. Пг., 1915, стр. 449.

теорию и приписываться природе. «Природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей», — пишет Ньютон. Поэтому вторым правилом он считает следующее: *«поскольку возможно, должно приписывать те же причины того же рода явлениям природы»*². В этом правиле Ньютон выражает свойства причинных связей: одни и те же причины вызывают одни и те же следствия, или, иначе говоря, одинаковые следствия есть результат действия одинаковых причин.

В третьем издании «Начал» Ньютон формулирует еще одно правило: *«В опытной физике предположения, выведенные из совершающихся явлений с помощью наведения, несмотря на возможность противных предположений, должны быть почитаемы за верные или в точности, или приближенно, пока не обнаружатся такие явления, которыми они еще более уточняются или же окажутся подверженными исключениям»*³.

Согласно этому правилу, представления о причинах, полученные на основе обобщения эксперимента, не могут быть упразднены гипотетическими представлениями, они могут быть лишь уточнены или в крайнем случае опровергнуты другими, более совершенными экспериментами. Ньютон выдвинул глубокое, плодотворно сказавшееся на развитии науки требование, чтобы гипотетическое объяснение причин было подчинено объективным фактам, «природе явлений, а не пытаться подчинять ее себе»⁴.

Понимание сущности причинных связей изложено Ньютоном в его знаменитых законе инерции, законе связи между действующей силой и изменением количества движения и законе равенства действия и противодействия.

Первый закон движения (закон инерции) гласит, что *«всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние»*⁵. Согласно этому закону абсолютно изолированное тело, т. е. не испытывающее

² И. Ньютон. Математические начала натуральной философии, стр. 450.

³ Там же, стр. 451.

⁴ Цит. по книге С. И. Вавилов. Исаак Ньютон. М.—Л., 1945, стр. 73.

⁵ И. Ньютон. Математические начала натуральной философии, стр. 36.

никаких внешних воздействий, будет сохранять свое состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения.

Покой и равномерное прямолинейное движение здесь рассматриваются по отношению к неподвижному, абсолютному пространству. Инерция же — это предельное понятие, основание для причинного объяснения явлений природы, но само оно не подлежит каузальному анализу.

Позднее Эйлер высказал важное предположение, что основание инерции лежит в самой внутренней природе тел. «...Поскольку верно, — писал он, — то, что в пустом пространстве находящееся в покое тело должно пребывать в покое, постольку *основание этого явления заложено в самой природе тела*. Вследствие этого и в действительном мире покоящееся в какой-нибудь момент тело принуждено оставаться в покое до тех пор, пока оно не получило толчка от внешней причины»⁶.

В отличие от этих взглядов, Мах высказал предположение, что свойство инертности любого тела определяется его взаимодействием со всеми удаленными телами Вселенной. Согласно этой гипотезе, инертная масса отдельного тела, находящегося во Вселенной, лишенной других тел, должна быть равна нулю. Гипотеза Маха является спорной и нуждается в экспериментальной проверке.

На основании понятия инерции Ньютон вводит понятие силы как причины, вызывающей изменение движения тел. «*Причины происхождения, которыми различаются истинные и кажущиеся движения, суть те силы, которые надо к телам приложить, чтобы произвести эти движения*»⁷. Стало быть, причины — это те силы, которые производят, вызывают, порождают движения. Сила — это причина, она является активным, действующим, производящим агентом. Тело, на которое действует сила, является пассивной субстанцией, претерпевающей изменения. Предоставленное само себе тело не способно изменять свое состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения до тех пор, пока на него не подействует внешняя сила — причина.

⁶ Л. Эйлер. Основы динамики точки. М.—Л., 1938, стр. 69 (курсив мой. — Г. С.).

⁷ И. Ньютон. Математические начала натуральной философии, стр. 33.

Причинность, по Ньютону, носит однонаправленный характер. Силы могут иметь или характер толчка, или давления, или сил тяготения.

Ньютоновская концепция причинности содержит в себе ряд важных положений о зависимости причинных отношений от пространственных форм материального бытия. Ньютон различает причины, вызывающие абсолютное (истинное) движение тел, от причин, вызывающих относительное движение тел. Причиной первого движения (т. е. движения тела в абсолютном пространстве) может быть лишь сила, приложенная непосредственно к самому движущемуся телу. Движение, например, Земли вокруг Солнца есть абсолютное движение, обусловленное взаимным притяжением этих тел.

Причиной относительного движения тела, по Ньютону, может быть и сила, приложенная к тем телам, по отношению к которым это движение определяется.

Движение телеграфного столба относительно системы отсчета, связанной с движущимся поездом, есть относительное или кажущееся. Телеграфный столб может изменять свое положение или скорость движения относительно поезда в том случае, когда сила приложена к поезду, а не к столбу. «Истинное абсолютное движение не может ни произойти, ни измениться иначе как от действия сил, приложенных непосредственно к самому движущемуся телу, тогда как относительное движение тела может быть и произведено и изменено без приложения сил к этому телу, достаточно, чтобы силы были приложены к тем телам, по отношению к которым это движение определяется»⁸.

Зависимость представлений о причинности от представления о формах пространства Ньютон рассматривает и в обратном порядке, а именно — показывает зависимость пространственных отношений от причинных связей. В каком пространстве будет происходить движение тела, если на него непосредственно действует внешняя причина — сила? В этом случае, отвечает Ньютон, движение тела будет происходить в абсолютном пространстве. Непосредственно действующая на тело сила вызывает абсолютное движение тела. Относительное же движение этого

⁸ И. Ньютон. Математические начала натуральной философии, стр. 33.

тела может быть любым: тело может покоиться, двигаться с различными скоростями и ускорениями в зависимости от движения тел отсчета.

В относительном пространстве, по Ньютону, не существует однозначной связи между причиной и следствием. Одна и та же причина может вызвать различные следствия в зависимости от того, в каком отношении рассматривается движение данного тела.

Под действием одной и той же силы тяжести свободно падающий камень будет обладать разным ускорением в зависимости от того, рассматривается ли это движение в системе отсчета, связанной с Землей, или в системе отсчета, связанной, например, с вращающейся каруселью. В первой системе камень будет совершать прямолинейное и равноускоренное движение, во второй — сложное криволинейное движение. Однозначная связь между причиной (силой) и следствием (ускорением) существует лишь в абсолютном пространстве.

По ускорению тела в абсолютном пространстве (следствию) можно определить действующую на него силу (причину) — и, наоборот, по действующей на него силе (причине) можно определить абсолютное ускорение тела (следствие). Это возможно сделать также и для инерциальной системы отсчета, т. е. в пространстве, связанном с системой физических тел, двигающихся в абсолютном пространстве равномерно и прямолинейно.

Зависимость между силой, непосредственно приложенной к телу, и изменением движения этого тела в абсолютном пространстве (а также в инерциальных системах) выражается вторым законом Ньютона, согласно которому: *«Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует»*⁹.

В математической форме этот закон записывается так:

$$\vec{F} = \frac{d(\vec{mv})}{dt},$$

где $\vec{F}$ — сила, действующая на тело, $\vec{v}$ — скорость тела, m — масса тела.

⁹ И. Ньютон. Математические начала натуральной философии, стр. 37,

Если учесть, что при достаточно малых скоростях (по сравнению со скоростью света) масса тела остается постоянной, второй закон может быть записан в форме:

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a},$$

где $\vec{a}$ — ускорение тела.

Согласно второму закону механики, следствие (ускорение тела) пропорционально причине (силе). Равные причины, действующие на тело одинаковой массы, вызывают одинаковые следствия. Бóльшая сила (причина) при прочих равных условиях вызывает большее ускорение (следствие). Из этого же закона следует принцип сложения действия механических причин. Следствие, вызываемое двумя или несколькими причинами, равно сумме следствий, вызываемых каждой причиной в отдельности. Это правило есть выражение того, что результат, вызываемый данной причиной, не зависит от величины действия на это же тело, вызываемого другой причиной.

Во втором законе механики содержится важная мысль о том, что результат, вызываемый причиной, зависит не только от самой причины, но и от тела, на которое воздействует сила. Ускорение, вызываемое силой, зависит не только от величины и направления силы, но и от массы тела. Одна и та же сила, действующая на разные тела, вызывает разные ускорения, в зависимости от массы этих тел.

Ньютоновское понимание причинности предполагает одновременность причины и следствия. Как только причина начинает действовать, сразу же возникает и следствие — и, наоборот, как только причина прекратила действие, то сразу же прекращается следствие. Это видно из приведенной формулы: если сила (F) отлична от нуля, то отлично от нуля и ускорение тела ($\vec{a}$); если сила равна нулю, то и ускорение равно нулю. Не может быть такого положения, чтобы сила была отлична от нуля, а ускорение тела, на которое действует сила, было равно нулю. Причина и следствие одновременно возникают, существуют и прекращают свое существование. После прекращения действия причины перестает существовать и следствие, и тело продолжает двигаться по инерции.

Третий закон Ньютона гласит: *«Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе взаи-*

модействие двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны»¹⁰.

Ньютон поясняет этот закон таким примером. Если один шар толкает другой, сообщая ему некоторое количество движения, то и второй шар в свою очередь толкает первый, сообщая ему такое же количество движения.

Третий закон механики представляет собой дальнейшую конкретизацию понятия механической причины — силы. Этот закон вскрывает, что «сила... всегда является взаимодействием между телами»¹¹.

Таким образом, уже в рамках классической механики вскрывается ограниченность представления о причине как одностороннем воздействии одного тела на другое и, по существу, проводится представление о причине, как взаимном воздействии тел, т. е. как единстве действия и противодействия.

Сразу же после выхода в свет ньютоновских «Начал» вокруг понятия силы развернулись острые дискуссии, которые продолжаются и в настоящее время. Характерно, что сторонники различных концепций сходятся в том, что ньютоновское понятие силы органически связано с принципом причинности. Поэтому отношение к понятию силы в значительной мере определяется взглядом того или иного ученого на причинность.

Сторонники теологической точки зрения (Бентли, Котс, Мопертюи) заявляли, что понятие силы имеет не физическую, а божественную сущность. Они истолковывали силу как активное начало, вложенное в материю великим создателем и противостоящее косной, пассивной материи. Этого взгляда на силу придерживаются с некоторыми вариациями и современные неотомисты.

Сторонники позитивизма (Э. Мах, Б. Рассел, Ф. Франк, М. Джеммер и другие), разделяющие юмовскую концепцию причинности, вместе с понятием причинности пытаются удалить из науки и понятие силы. Э. Мах отрицал то утверждение, что понятие силы имеет реальный смысл, полагая, что это лишь условный термин, соглашение для обозначения произведения массы на ускорение. Подобно этому Рассел считал, что «современный физик просто устанавли-

¹⁰ *И. Ньютон. Математические начала натуральной философии, стр. 38.*

¹¹ *П. С. Кудрявцев. История физики, т. 1. М., 1956, стр. 233.*

вает формулу, которая определяет ускорение, и избегает вместе с тем слова «сила». Понятие «сила» — это слабый отзвук виталистических взглядов относительно причин движения, и постепенно этот отзвук исчезает»¹². М. Джеммер также утверждает, что «устранение понятия силы из физики поведет к освобождению науки от оков причинности, одного из «наиболее навязчивых остатков донаучного фетишизма»¹³.

Конечно, понятие силы в механике Ньютона носит абстрактный характер, поскольку оно выражает лишь одно свойство разнообразных физических воздействий (гравитационных, ударных, электромагнитных, трения и т. п.) — способность изменять скорость механического движения тел, отвлекаясь от всех других свойств. Но это не значит, что это понятие носит мистический характер. Оно отражает определенный вид реально существующих связей и взаимодействий вещей, явлений реального мира.

Физический смысл понятия силы становится особенно ясным, если ввести сначала независимые способы измерения ускорения и силы, а затем установить соотношение между ними.

В качестве единицы силы мы можем принять величину воздействия, которое оказывает пружина при фиксированном растяжении на прикрепленное к любому из ее концов тело. Будем считать, что измеряемая сила равна по величине и противоположна по направлению эталону силы, если при одновременном действии на тело данного эталона и измеряемой силы тело сохраняет состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения.

Ускорение тела можно определить как величину, характеризующую изменение скорости тела за единицу времени. Измерив таким образом силу, действующую на тело, и его ускорение, мы на основе эксперимента найдем, что его ускорение пропорционально действующей силе. Причем действующая сила имеет вполне реальный смысл — она эквивалентна реальному физическому воздействию на тело от растянутой на определенную величину пружины.

В противоположность позитивистам сторонники материалистических концепций видели в понятии силы объектив-

¹² *Б. Рассел. История западной философии. М., 1959, стр. 558.*

¹³ *M. Jammer. Concepts of force. A Study in the Foundations of Dynamics. Cambridge, 1957, p. 15.*

ное содержание, выражающее определенного вида связи и взаимодействия вещей природы. Однако внутри материалистического лагеря также существовали и существуют различные течения и в понимании этой категории. Одни — подобно П. Гольбаху, принимая ньютоновское определение силы как причины изменения механического движения тела, истолковывали ее как одностороннее механическое воздействие активного тела на пассивное. Другие пытались вскрыть более глубокую, диалектическую сущность силы. Ряд глубоких идей о природе силы был высказан еще М. В. Ломоносовым¹⁴, который утверждал, что причиной изменения движения какого-либо тела является не одностороннее действие на него другого тела, а взаимодействия данного тела с другими. В природе, утверждал он, не существует одностороннего действия. Действие и противодействие — две стороны единого процесса взаимодействия между телами. «Действия не может быть без противодействия и противодействия без действия»¹⁵, — писал М. В. Ломоносов.

Взаимодействие, по Ломоносову, — это взаимный перенос движения от первого тела ко второму и от второго к первому. Ломоносов допускал, что взаимная передача движения может осуществляться либо непосредственно через соприкосновение, либо через промежуточную материальную среду. Представление о причине как взаимодействии он распространял и на корпускулы — атомы, из которых состоят макроскопические тела.

Критика Ломоносовым ограниченности представления о силе как об одностороннем воздействии одного тела на другое и представление о взаимодействии атомов подготовили почву для работ немецкого физика Г. Герца. Герц полагал, что понятия силы, энергии выражают собой некоторое механическое движение невидимых материальных частиц, из которых состоят макротела. Макроскопически наблюдаемые эффекты в виде активности макротел в форме силы или энергии Герц заменил невидимым, микроскопическим движением частиц, входящих в состав этих макротел.

¹⁴ См. П. С. Кудрявцев. Ломоносов и Ньютон; В. Ф. Котов. Ломоносов и вопросы механики. — «Труды Института истории естествознания и техники», 1955, 5, стр. 33—51, 52—68.

¹⁵ М. В. Ломоносов. Избранные философские произведения. М., 1950, стр. 98.

Герцу не удалось свести классическую механику к кинематической картине движения некоторых масс, однако сама эта попытка весьма показательна, она свидетельствует о неудовлетворенности физиков ньютоновской концепцией силы как одностороннего воздействия одного тела на другое.

Для того чтобы свести классическую механику Ньютона к кинематической картине движения скрытых масс, Герцу пришлось рассматривать движение материальных микроскопических объектов не в реальном трехмерном пространстве, а в абстрактном многомерном пространстве. В механике Ньютона движение механических объектов рассматривается в реальном евклидовом пространстве, но вводится понятие силы, как причины ускорения тела; в механике Герца движения объектов рассматриваются как суммарный результат скрытых движений масс, но происходящих не в реальном, а в многомерном абстрактном пространстве. Таким образом, в концепции Герца скрытое движение масс теряет реальные черты.

До тех пор, пока единственной более или менее развитой наукой о природе была механика, невозможно было решить вопрос о внутренней природе сил. Этот вопрос выходит за рамки собственно механики. Ключ к «анатомии» силы лежит в «анатомии» взаимодействия.

Современная квантовая физика вскрывает «анатомию» взаимодействия, показывая, что гравитационные, электромагнитные, ядерные силы носят характер взаимодействия микрочастиц, осуществляемого путем обмена взаимодействующих объектов виртуальными частицами. Представление о силе как об одностороннем воздействии является абстракцией от взаимодействия микрочастиц.

Понятие взаимодействия, которым оперирует современная физика для объяснения происхождения тех или иных процессов, является обобщением понятия силы. Общей сущностью этих двух понятий является то, что они выражают причины, порождающие соответствующие эффекты. Поэтому можно утверждать, что в современной физике не только нет тенденции к упразднению из арсенала науки понятия силы, как это пытаются представить Рассел и Джеммер, но она дает разумное обобщение этому понятию в виде категории взаимодействия.

Развитие человеческого познания происходит таким образом, что научные понятия, имеющие объективное со-

держание, оказываются в дальнейшем узкими и неполными. В ходе дальнейшего развития наука не отбрасывает эти понятия, а углубляет и расширяет их так, чтобы они охватывали все старые и новые факты, при этом происходит расширение объема понятий и обогащение их содержания.

В физике, например, звук вначале определялся как то, что мы слышим, а свет — как то, что мы видим. Теперь же говорят о неслышимом звуке (ультразвук) и невидимом свете (инфракрасные и ультрафиолетовые лучи). В соответствии с современными научными представлениями общими для всех звуковых явлений служат «упругие колебания, распространяющиеся в виде волнового процесса в газах, жидкостях и твердых телах или образующие в ограниченных областях этих тел стоячие волны»¹⁶ независимо от того, способны ли они вызывать у человека слуховые ощущения или нет. Понятие света современная физика определяет как «совокупность единых по своей природе объективных явлений, сводящихся к распространению коротких электромагнитных волн, независимо от того, способны ли они вызывать у человека субъективное зрительное ощущение или нет»¹⁷.

Такое обобщение понятий звука и света оказалось не только весьма плодотворным, но и необходимым для исследования сущности акустических и оптических явлений. Понятие силы не представляет в этом исключения.

Следует отметить, что еще задолго до современной квантовой физики Ф. Энгельс, развивая идеи Спинозы и Гегеля, на основе обобщения современного ему естествознания пришел к выводу об ограниченности понятия силы и необходимости обобщения его в понятии взаимодействия. Энгельс указывал, что в природе не существует односторонних воздействий, абсолютно активных и пассивных тел, абсолютно первичных и абсолютно вторичных явлений и т. д. и что все процессы природы, в том числе и механические, основываются на «действии и противодействии», т. е. на взаимодействии¹⁸. Идеи Энгельса о взаимодействии как обобщении понятия силы нашли подтверждение и конкретизацию в физике XX в.

¹⁶ С. Э. Фриш и А. В. Тиморева. Курс общей физики, т. I. М.—Л., 1952, стр. 534.

¹⁷ Там же, т. III. М., 1952, стр. 9.

¹⁸ См. К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 404.

Второй закон Ньютона позволяет выразить связь состояний механической системы в виде закона динамического типа. Для этого необходимо проинтегрировать соответствующие дифференциальные уравнения:

$$m \frac{d^2 x_i}{dt^2} = F_{ix}; \quad m \frac{d^2 y_i}{dt^2} = F_{iy}; \quad m \frac{d^2 z_i}{dt^2} = F_{iz}$$

и полученные постоянные интегрирования определить из начальных условий (значение координат и скоростей частиц системы в начальный момент времени). Из этого следует, что, зная силы, действующие на систему материальных точек во время движения, а также координаты и скорости всех частиц в данный момент времени, мы можем определить координаты и скорости этих частиц в любой будущий момент времени. Силы, действующие на систему и ее начальное состояние, однозначно определяют всю дальнейшую историю этой системы. Это значит, что движение механической системы зависит не только от внешних сил, но и от ее внутреннего состояния. Если внешнее воздействие на систему фиксировано, то движение системы будет зависеть от ее начального состояния и с вариацией этого состояния будет изменяться движение системы.

Таким образом, второй закон механики выражает в опосредованной форме необходимую связь между начальным состоянием системы и ее состоянием в последующий момент времени при заданных внешних воздействиях на систему. Он выражает то, что данное начальное состояние при данных условиях необходимо детерминирует последующее состояние, которое в свою очередь детерминирует свое последующее и т. д. Поэтому понятие необходимой связи состояний (так называемый классический детерминизм) может быть сформулировано следующим образом: из одного и того же начального состояния при одинаковых внешних условиях возникает один и тот же ряд состояний системы.

Необходимую связь состояний системы Лаплас отождествлял с причинной связью, считая, что настоящее состояние Вселенной есть следствие ее предыдущего состо-

яния и причина последующего¹⁹. Состояние мира в данный момент, по его мнению, необходимо определяет состояние мира в любой последующий момент времени.

Лаплас считал, что понятие необходимой связи состояний применимо не только ко Вселенной в целом, но и к конечным системам. При этом он подчеркивал, что изменение состояния этих систем зависит от условий. Если для мира в целом, включающим в себя все тела природы, всякое взаимодействие является внутренним по отношению к целому, то для конечных объектов существуют внешние воздействия, являющиеся условиями, вызывающими изменение этого объекта. Таким образом, Лаплас разграничивает связь состояний одного и того же объекта от связи между внешними воздействиями и изменением объекта. Необходимая связь двух состояний одного и того же объекта, по его мнению,— это причинное отношение, связь между внешним воздействием на объект и его изменением есть отношение между условиями и обусловленным.

Лаплас четко формулирует вопрос об объективности связей в природе и возможности их познания, в частности, возможности отражения их при помощи математических формул. «Все явления,— писал он,— даже те, которые по своей незначительности как будто не зависят от великих законов природы, суть следствия столь же неизбежные этих законов, как обращение Солнца. Не зная уз, соединяющих их с системой мира в ее целом, их приписывают конечным причинам или случаю, в зависимости от того, происходили ли и следовали ли они одно за другим, с известной правильностью или же без видимого порядка; но эти мнимые причины отбрасывались по мере того, как расширялись границы нашего знания, и совершенно исчезали перед здоровой философией, которая видит в них лишь проявление неведения...»²⁰.

Каждое явление в природе есть необходимый результат определенных законов природы. Конечные и случайные причины, по Лапласу, это мнимые, в действительности не существующие причины, они отбрасываются по мере расширения границ человеческого знания.

Признание объективности связи состояний природных

¹⁹ См. Лаплас. Опыт философии теории вероятностей. М., 1908, стр. 9.

²⁰ Там же, стр. 8.

процессов является большой заслугой лапласовской теории причинности. Однако нельзя согласиться с его взглядом на случайное, как на то, причину чего мы еще не знаем. Конечно, в гносеологии следует различать явления, причины которых мы познали, от явлений, причины которых для нас пока неизвестны. Но это различие касается лишь сферы познания, не имеет объективного значения. Категория случайности у Лапласа превращается в чисто субъективную категорию. В марксистской философии случайность имеет объективное значение.

Лаплас признает, что причинные связи познаваемы, и подчеркивает, что наше знание этих связей все более расширяется и углубляется, приближаясь к полному и исчерпывающему знанию. Открытия человеческого ума «в механике и геометрии в соединении с открытием всемирного тяготения,— писал он,— сделали его способным понимать под одними и теми же аналитическими выражениями прошедшие и будущие состояния мировой системы»²¹.

Если бы демон Лапласа (прообраз всеобъемлющего ума) был в состоянии фиксировать в любой момент положения и скорости всех атомов Вселенной, все силы, действующие на них, если бы для него не встречались никакие математические трудности, так что он мог в миг производить самые сложные расчеты, то он мог бы, по Лапласу, дать справку о всей прошлой и будущей судьбе мира, предвидеть все события.

Следует отметить, что по Лапласу, точное предсказание состояния системы в будущем на основе знания состояния этой системы в настоящем является доказательством существования необходимой связи состояния этой системы, но неумение делать такие предсказания не является доказательством отсутствия этих связей. Вопрос об объективности и познаваемости закономерных связей он решает материалистически. Поэтому неправильно встречающееся в работах некоторых авторов отождествление лапласовского учения о причинности с предсказуемостью.

Такое отождествление делает, например, В. Гейзенберг. Разъясняя понятие причинности, он пишет: «Такова уже была ньютоновская механика, что из состояния системы в определенное время можно было заранее пред-

²¹ Лаплас. Опыт философии теории вероятностей, стр. 9.

сказать будущее движения системы. Представление о том, что будто в природе принципиально бывает так, быть может, наиболее популярно и наиболее понятно выражено Лапласом в фантазии о демоне, который в подходящее время знает о положении и движении всех атомов и затем в состоянии будет заранее проникнуть в будущее мира. Когда в таком узком смысле интерпретируют слово причинность, то в данном случае говорят также о «детерминизме»...»²² В подобного рода толкованиях, на наш взгляд, смешиваются два различных вопроса, разграниченных самим Лапласом: вопрос об объективном существовании связи состояний с вопросом об отражении этой связи в виде закона динамического типа, позволяющего предсказывать будущее системы на основе знания настоящего.

М. Борн, отождествив детерминизм с возможностью «с абсолютной необходимостью предсказывать будущее, если известно начальное состояние», приходит к выводу, что в таком случае даже классическая механика индетерминистична. Детерминизм, рассуждает М. Борн, предполагает, что начальное состояние системы дано с абсолютной точностью. Малейшая неточность в определении начальных условий приводит к тому, что в явлении возникает нечто, в отношении которого ничего нельзя предсказать. Но так как абсолютно точное измерение невозможно, то «о собственном детерминизме нет речи, даже в простейшей классической науке — механике; естественно, его нет и в других областях исследования»²³.

Свои рассуждения М. Борн иллюстрирует следующим примером (см. рис. 1). Материальная частица движется прямолинейно и равномерно со скоростью Δv_0 , без трения между двумя стенками, от которых она упруго отскакивает²⁴. Для того чтобы предсказать, где частица будет находиться в некоторый будущий момент времени, необходимо знать ее скорость и начальное положение в пространстве.

²² W. Heisenberg. Atomforschung und Kausalgesetz. — «Universitas», 1954, Hf. 3, S. 225.

²³ M. Born. Der Realitätsbegriff in der Physik. — «Die Sammlung», 1958, Hf. 7/8, S. 359.

²⁴ См. М. Борн. Физика в жизни моего поколения. М., 1963, стр. 285—293.

Если имеется хотя бы малейшая неточность (Δv_0) в определении скорости, то неточность в определении положения частицы будет нарастать с течением времени и может иметь сколь угодно большое значение.

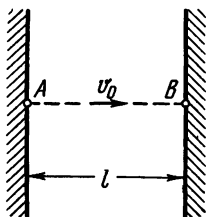


Рис. 1

В частности, к моменту времени $t' = \frac{l}{\Delta v_0}$ неточность в определении положения частицы станет равной

$$\Delta l = \Delta v_0 \cdot t' = \frac{\Delta v_0 \cdot l}{\Delta v_0} = l.$$

В этом случае предсказание положения частицы теряет всякое значение. Отсюда следует, что детерминизм невозможен даже в простейшем случае механического движения материальной точки. В этом рассуждении Борн молча исходит из признания следующих положений: 1) материальная точка независимо от познающего субъекта совершает движение между двумя отсеками, 2) в каждый момент времени частица объективно имеет определенное положение в пространстве и скорость и, следовательно, определенное состояние. Движение само по себе строго детерминированно. Вылетая из точки A в момент t_0 , частица к моменту $t_1 = l/v_0$ достигает точки B и, отскочив от упругой стенки в момент $t_2 = 2l/v_0$, вернется в точку A и т. д. Всякое изменение движения частицы обусловлено взаимодействием ее с упругими стенками. Эти предположения выражают признание причинной обусловленности изменений движения частицы в детерминированности ее состояний (поскольку частица и стенки рассматриваются как изолированная система). М. Борн отрицает лишь возможность абсолютно точного предсказания объективно детерминированного движения частицы. «Но философия, отвергающая вместе с детерминизмом и каузальность, кажется мне столь же абсурдной. Я думаю, что можно дать разумное определение причинно-следственной связи..., согласно которому данная ситуация зависит от другой (без-

относительно времени) и эта зависимость описывается количественными законами»²⁵.

По поводу заявления Борна о невозможности абсолютно точного измерения начального состояния объекта следует сказать, что действительно мы не умеем с такой точностью определять его начальное состояние и поэтому не можем абсолютно точно предсказывать и его поведение в будущем. Достижение такой предсказуемости означало бы достижение абсолютного знания, которое невозможно в каждый данный момент и осуществимо лишь в процессе бесконечного поступательного развития человечества.

При измерении какой-либо физической величины мы не получаем какого-либо определенного значения, а лишь пределы, между которыми эта величина заключена. При усовершенствовании измерительной техники и теории эти пределы до некоторой степени суживаются, степень эта определяется типом измерения и свойствами объекта. Например, переходя от измерения длины с помощью линейки к измерению классическими оптическими приборами, мы хотя и повышаем точность измерения, но не можем получить результатов с точностью, значительно большей, чем длина световых волн.

Для того чтобы получить еще большую точность, мы переходим к еще более совершенным методам измерения, но и здесь существует свой предел точности, определяемый свойствами объекта и особенностями измерительного прибора. Дальнейшие повышения точности измерения будут связаны с последующим развитием измерительной техники и совершенствованием теории.

Абсолютная точность измерений — это предельное, абстрактное понятие, которое так же необходимо для вскрытия закона движения, как необходимы такие абстрактные понятия, как материальная точка в классической механике или понятие абсолютно упругого тела в теории упругости.

Необходимость и плодотворность понятия об абсолютной точности измерений демонстрируется в предсказаниях с большой точностью солнечных и лунных затмений, движений ракет и снарядов, полета искусственных спутников и космических кораблей. Отказ от этого понятия, как это, по существу, предлагает М. Борн, принес бы большой ущерб науке.

²⁵ М. Борн. Физика в жизни моего поколения, стр. 195.

Среди философов и естествоиспытателей, по-видимому, общепринята точка зрения, что лапласовское понимание причинности является механическим. Действительно, признание того, что существует лишь необходимая связь состояний, исключая случайные связи, есть ошибочное представление. Если система испытывает воздействие случайных факторов, то соответствующая связь состояний системы будет иметь не необходимый, а случайный характер. Однако надо иметь в виду, что необходимая связь состояний при фиксированных внешних условиях свойственна не только механическим системам, но и ряду физических, химических, биологических и даже социальных явлений. Если нагревать химически чистую воду, находящуюся при нормальном давлении, то она неизбежно переходит из одного теплового состояния в другое и, будучи нагрета до 100° , превращается в пар.

Механицизм лапласовского детерминизма (в гносеологическом аспекте) состоит также в том, что он исходит из того, что связь состояний любых объектов может быть выражена при помощи понятий и законов классической механики. Мир, по Лапласу, представляет собой совокупность материальных точек, изменяющих свое состояние под действием механических сил и описывающих определенные траектории. Корни ограниченности лапласовской концепции причинности состоят в универсализации механической картины мира.

Некоторые физики и философы утверждают также, что лапласовское учение о причинности приводит к фатализму. Так, австрийский физик А. Марх писал о демоне Лапласа: «Его мир не знает свободы, и для него человек не что иное, как кусок материи, который, как и всякий другой, поработчен теми же самыми законами. В своих расчетах мы поступали бы, лишь как марионетки, каждое движение и каждое слово которых точно предписано и которые исполняют придуманную причинную пьесу, написанную еще до существования нашей Земли. Этот демон представляет собой персонификацию причинно обусловленного мировоззрения, которое было нам продемонстрировано до логического конца»²⁶.

На самом ли деле учение о причинности Лапласа отрицает свободу действия и приводит к фатализму? Фата-

²⁶ А. March. *Natur und Erkenntnis*. Wien, 1948, S. 217.

лизм, как известно, состоит в утверждении, что развитие природы, общества обуславливается некоей неведомой стоящей над миром силой — роком, судьбой. Вследствие этого человек не может изменить неотразимый ход событий как в природе, так и в общественной жизни.

Признает ли лапласовский детерминизм существование сверхъестественной силы, предопределяющей развитие природы? Нет, не признает. По Лапласу, движение как мира в целом, так и его конечных частей обусловлено естественными причинами, существующими в самой природе, в ее телах. Лапласовский детерминизм также не исключает возможности активного воздействия человека на явления природы. Лаплас признает зависимость движений тела от начального состояния и внешних условий. Познав эту зависимость, человек может воздействовать на будущее предмета путем соответствующих изменений начального состояния этого предмета или внешних воздействий на него.

Человек, познавший объективную необходимость природы и общества и поступающий в своей практической деятельности в соответствии с этой необходимостью, становится свободным.

«Не в воображаемой независимости от законов природы заключается свобода,— писал Энгельс, развивая мысли Гегеля,— а в познании этих законов и в основанной на этом знании возможности планомерно заставлять законы природы действовать для определенных целей... Свобода воли означает, следовательно, не что иное, как способность принимать решения со знанием дела»²⁷.

Пока необходимая связь явлений не познана, она противостоит человеку как фатальная, неотвратимая. «Слепа необходимость, лишь поскольку она не познана»,— говорил Гегель.

Пока люди не знали необходимых связей, обуславливающих заболевание оспой, эта тяжелая и нередко кончающаяся смертельным исходом болезнь казалась неотвратимой.

В конце XVIII в. в результате замечательных многолетних наблюдений английского врача Дженнера были изучены достаточно полно условия заболевания этой болезнью. Дженнер показал, что, если человеку привить

²⁷ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 116.

коровью оспу, он легко ее перенесет и в дальнейшем будет невосприимчив к человеческой оспе, если даже в его организм попадут бактерии этой болезни. Это объясняется тем, что в результате прививки коровьей оспы организм человека приобретает способность быстро вырабатывать противоядие, губительно действующее на этих микробов. В настоящее время делаются предохранительные прививки не только против оспы, но и против других болезней — брюшного и сыпного тифа, дифтерии, дизентерии и т. д. Во всех этих случаях в организм человека вводятся либо ослабленные, либо убитые микробы.

Так, познав необходимые условия протекания оспы, человечество освободилось, казалось, от фатальной неизбежности этой болезни, оно стало свободным от этого грозного бича живой природы. «Детерминизм,— писал В. И. Ленин,— не только не предполагает фатализма, а напротив, именно и дает почву для разумного действия»²⁸. Разбирая вопрос о роли личности в истории, Г. В. Плеханов подчеркивал, что «свободная деятельность явится сознательным и свободным выражением необходимости»²⁹.

Отрицание необходимости в природе во всех формах ее проявления означало бы признание того, что мир представляет собой совокупность абсолютно случайных, не связанных друг с другом явлений, где каждое явление может следовать за любым другим. За данным явлением *A* могло бы следовать любое явление *B* из всей бесконечной совокупности явлений природы B_1, B_2, B_i, B_∞ . В этом случае невозможно было бы ни предвидение, ни целенаправленная практическая деятельность людей. Человек был бы не только несвободен в своих действиях, он был бы несвободен в своем существовании. Если бы мир представлял собой собрание абсолютно случайных, ничем друг с другом не связанных явлений, то в таком случае каждое явление, например восход Солнца, могло сопровождаться с одинаковой вероятностью любым явлением природы, в частности потеплением или похолоданием, посветлением или затемнением, тихой погодой или бураном, дождем или снегом, смертью всего человечества или его вос-

²⁸ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 1, стр. 440.

²⁹ Г. В. Плеханов. К вопросу о роли личности в истории. М., 1944, стр. 10.

кресением и т. д. и т. п. Очевидно, что в таком случае не были бы возможными ни продвижение, ни практическая деятельность, ни сама жизнь. В природе не существовало бы никакой закономерности. Не была бы возможна никакая наука.

Таким образом, существование тех или иных форм необходимой детерминации в природе является онтологической основой законов науки, практической деятельности людей, направленной на использование «сил» природы в целях и нуждах человека.

В свете сказанного нам не представляется убедительным обвинение лапласовского детерминизма в фатализме, в несовместимости его с признанием правильно понятой свободы человека.

Итак, лапласовский детерминизм выражает одно из пониманий закономерностей изменения вещей во времени, выросшее на почве классической механики. Рациональным в этом детерминизме является признание объективности и нознаваемости связи состояний. Ограниченность его состоит в отрицании объективного характера случайности и в абсолютизации механической картины мира.

Таким образом, в рамках классической механики наряду с ньютоновскими понятиями причинности оперируют лапласовским понятием связи состояний. В ньютоновском понимании в качестве причины изменения движения тела выступает внешнее воздействие на тело, а начальное состояние, т. е. состояние тела в момент, непосредственно предшествующий воздействию силы, выступает в качестве условия движения этого тела. В лапласовском понимании начальное состояние тела принимается за причину его конечного состояния, а внешние воздействия на тело выступают в качестве условия. То, что в ньютоновском представлении является причиной, у Лапласа выступает в качестве условия; то же, что у Лапласа является причиной, в представлении Ньютона есть лишь условие.

При всем своем различии ньютоновское понимание причины как силы, обуславливающей механическое движение, и лапласовское понимание причинности как связи состояний механической системы необходимо связаны друг с другом. Признание причинной обусловленности механического объекта ведет к признанию детерминированности его состояний — и, наоборот, признание детермини-

рованного состояния связано с признанием обусловленности движения объекта определенной силой.

Лапласовский детерминизм (утверждение о возможности точных предсказаний движения механических объектов) представляет собой признание принципиальной познаваемости законов, отражающих связь состояний механического объекта, и, следовательно, познание причинных связей, обуславливающих его движение. Лапласовский детерминизм в классической механике совпадает с математическим детерминизмом. Дифференциальные уравнения, выражающие движение механической системы (уравнения Ньютона, Лагранжа и т. п.), при заданных начальных условиях имеют одно единственное решение, которое и позволяет определить поведение этой системы в будущем.

Ньютон, Лаплас и их последователи считали, что развиваемые ими учения о причинности и связи состояний носят всеобщий характер, т. е. все явления природы можно в конце концов свести к механическому движению бескачественных материальных точек, обусловленному движением сил притяжения и отталкивания.

Огромные успехи классической механики в определении движения небесных тел, особенно проявившиеся в открытии планеты Нептун, успешное применение идей механики к решению ряда других физических задач, например тепловых и оптических, отличающихся от механических по своему характеру, породили у ученых иллюзию, что с помощью понятий и законов механики Ньютона и Лапласа можно объяснить все явления природы. Даже в середине XIX в., когда уже был открыт закон сохранения и превращения энергии, Гельмгольц считал возможным ставить перед физикой задачу объяснения всех физических явлений с помощью механических сил. «Таким образом,— писал он,— задачу физической науки мы видим в конце концов в том, чтобы свести физические явления к неизменным силам притяжения и отталкивания, величина которых зависит от расстояния»³⁰. Дальнейшее развитие физики показало принципиальную невозможность осуществления этой программы механического объяснения мира.

³⁰ Цит. по книге А. Эйнштейн и Л. Инфельд. *Эволюция физики*. М., 1956, стр. 82.

Причинность и связь состояний в классической электродинамике

Открытия естествознания XIX в. — закон сохранения и превращения энергии, электродинамика Максвелла, молекулярно-кинетическая теория теплоты, эволюционная теория Дарвина, периодический закон химических элементов Менделеева — выходили за рамки механической картины мира. Своим объективным содержанием они говорили, что существуют такие формы материальных процессов, которые не могут быть сведены к механическому перемещению бесструктурных материальных частиц. Соответственно этому ньютоновские представления о причинах, как внешних силах, оказались неприменимыми или ограниченно применимыми к этим процессам.

Достижения науки показали также, что существуют такие объекты, состояния которых не могут быть выражены механическими понятиями: координаты и скорости.

Открытие и исследование новых материальных процессов было тесно связано с принципом причинности, который был одним из основных руководящих методологических принципов в этих открытиях. В то же время новые научные факты способствовали обогащению, конкретизации, выявлению новых аспектов понятия причинности.

В XIX в. возникла потребность для объяснения электрических и магнитных явлений ввести понятие нового вида реальности — электромагнитного поля. Это было связано с необходимостью объяснить воздействие одного электрического заряда на другой, удаленный от него на некоторое расстояние. Опираясь на известные в то время факты, М. Фарадей и Д. К. Максвелл высказали предположение, что воздействие от одного заряда к другому передается при помощи некоторой материальной среды. Фарадей считал, что действие на расстоянии является результатом действия смежных приводящих частиц. Он не видел причин, почему индуцируемое тело будет поляризовать или действовать на отдельный проводник и оставлять без внимания проводник, находящийся вблизи, а именно — частицы диэлектрика. Все эти факторы и опыты над проводящими массами или частицами, по его мнению, противоречат такому предположению³¹.

³¹ См. М. Фарадей. Экспериментальные исследования по электричеству, т. I. М., 1947, стр. 480, 481.

Фарадей и Максвелл предположили, что материальной средой, передающей воздействие от одного заряда к другому, является очень тонкий, сплошь заполняющий все пространство эфир. Они считали, что в этой среде могут существовать внутренние натяжения, которые воспринимаются как электрические и магнитные поля. Если в свободное пространство вносится электрический заряд, то он вызовет определенные внутренние натяжения в эфире, которые сказываются на поведении другого электрического заряда, внесенного в это пространство.

В основе фарадеевско-максвелловского объяснения передачи воздействия от одного электрического заряда к другому лежит представление об опосредованной форме связи причины и следствия. «Мы исходим,— писал Максвелл,— из иного принципа (чем принцип дальнего действия.— Г. С.), так как ищем причину явления не только в самих телах, но и в окружающей их среде»³². Именно на основе представления о том, что эффект воздействия одного тела на другое зависит также от промежуточной среды, Фарадей высказал гипотезу о существовании эфира.

Электромагнитное поле, по мнению Фарадея и Максвелла, является результатом воздействия электрического заряда или проводника с током на материальную среду — эфир. Воздействуя на эфир, электрические заряды вызывают в нем определенные изменения, которые и являются электромагнитным полем. Будучи следствием воздействия на эфир электрического заряда, электромагнитное поле в свою очередь служит причиной, действующей на заряженное тело или электрический ток, внесенные в это поле.

Электромагнитное поле характеризуется напряженностью электрического и магнитного полей в каждой точке пространства. Напряженность электрического поля в данной точке пространства определяется как сила, которая действует на единичный электрический заряд, помещенный в этой точке. Напряженность магнитного поля в данной точке есть сила, которая действует на единичный магнитный полюс, помещенный в этой точке. Как видно, в основе определения напряженности электрического и магнитного полей лежит представление о причинной свя-

³² Д. К. Максвелл. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1954, стр. 67.

зи как связи между воздействием одной вещи на другую и изменением этой второй вещи.

В тех случаях, когда поля стационарны, т. е. не изменяются во времени, электрическое и магнитное поля рассматриваются в электродинамике Максвелла как независимые друг от друга сущности. В тех же случаях, когда поля изменяются, возникает новое отношение между ними: они взаимодействуют друг с другом.

Движение электрического заряда порождает не только электрическое поле, но и связанное с ними магнитное поле. Подобно этому, движущийся магнит вызывает не только магнитное поле, но и связанное с ним электрическое поле. Электрическое и магнитное поля представляют собой единое электромагнитное поле. В этом едином целом электрическое поле взаимодействует с магнитным полем, и в результате этого взаимодействия происходит изменение самих полей. Здесь причина, выражающая изменение электромагнитного поля, представляет собой взаимодействие частей. Изменение поля возникает сразу, как начинается взаимодействие,—и, наоборот, взаимодействие происходит постольку, поскольку изменяются электрические и магнитные поля. Становление следствия происходит одновременно с действием причины и продолжается до тех пор, пока действует причина.

Таким образом, в основе объяснения сущности электрических и магнитных явлений в классической электродинамике Фарадея — Максвелла лежит представление о причине как некотором активном начале, производящем те или иные изменения в вещах.

В теории электромагнитного поля существенную роль имеет также понятие связи состояний. В отличие от механических объектов, локализованных в определенной области пространства, поле представляет собой реальность, распределенную по всему пространству. Для того чтобы знать состояние электромагнитного поля в какой-то момент времени, необходимо знать величины напряженности электрического и магнитного полей и их направление в этот момент времени во всех точках пространства.

Максвелл вывел дифференциальные уравнения в частных производных для напряженности электрического и магнитного полей при наличии свободных зарядов и токов. Система максвелловских уравнений совместно с надлежащими граничными условиями позволяет однозначно опре-

делить электромагнитное поле в любой точке пространства и в любой момент времени по заданным для исходного момента (E и H) начальным напряжениям электрического и магнитного полей.

На основе уравнений Максвелла мы можем судить об изменении состояния поля в пространстве и времени, если только знаем источники электрических токов и зарядов и состояние поля в какой-либо момент времени. Иначе говоря, зная напряженности электрического и магнитного полей в некоторый момент времени (E_0 и H_0), мы можем определить состояние поля в последующий момент времени. В теории электромагнитного поля Максвелла лапласовский детерминизм и математический детерминизм совпадают.

Между разными состояниями электромагнитного поля существуют необходимые связи, подобно связи состояний механической системы, находящейся при фиксированных внешних условиях. Из одного и того же начального состояния электромагнитного поля вытекает один и тот же ряд состояний этого поля в последующие моменты времени. Таким образом, между разными состояниями электромагнитного поля существует связь в форме детерминизма классического типа. Однако между связью состояний электромагнитного поля и связью состояний механической системы имеются и существенные различия. Состояние электромагнитного поля характеризуется другими величинами, чем состояние механической системы. Абстракция материальной точки классической механики негодна для отражения электромагнитных процессов. Все попытки свести электромагнитные явления к механическому перемещению неизменных материальных точек не увенчались успехом.

Уравнения Максвелла выражают не только связь состояний электромагнитного поля, но и отражают в сложной математической форме причинную обусловленность электромагнитного поля пространственным распределением токов и зарядов.

Уравнения Максвелла состоят из двух систем уравнений. Уравнения первой системы имеют вид:

$$\frac{\partial H_z}{\partial t} - \frac{\partial H_y}{\partial z} = 4\pi i_x + \frac{\partial D_x}{\partial t},$$

где x, y, z — координаты точек поля, t — время,

Аналогично записываются два других уравнения этой системы.

Эти три уравнения выражают связь между плотностью тока проводимости (i), производной по времени от индукции электрического поля (D) и пространственными производными от напряженности вызванного ими магнитного поля ($\vec{H}$). Если будет изменяться плотность тока проводимости или варьироваться во времени индукция этого поля, то соответствующим образом будет изменяться вызываемое ими магнитное поле.

К первой системе уравнений Максвелла следует добавить уравнение, выражающее связь между электрической индукцией (D) и распределением плотности электрических зарядов (Q):

$$\frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z} = 4\pi Q.$$

Вторая система уравнений Максвелла имеет вид:

$$\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} = - \frac{\partial B_x}{\partial t}.$$

Подобным образом записываются два других уравнения этой системы.

Вторая система уравнений Максвелла отражает связь между производной по времени от вектора магнитной индукции ($\vec{B}$) и пространственными производными от напряженности электрического поля (E), обусловленного изменением магнитного поля.

Ко второй системе уравнений следует присоединить еще уравнение:

$$\frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} = 0.$$

Первая система уравнений Максвелла позволяет по заданной причине (плотности токов i и объемным плотностям электрических зарядов Q) определить следствие (создаваемое им магнитное поле). Вторая система позволяет определить электрическое поле, обусловливаемое изменяющимся во времени магнитным полем.

Существенное различие между классической механикой и электродинамикой Максвелла состоит в том, что первая опирается на концепцию дальнего действия, в то время как вторая — на концепцию ближнего действия.

Если в классической механике предполагается, что воздействие, например гравитационное, передается от одного тела к другому мгновенно, поэтому любое тело, сколь угодно удаленное от данной массы, будет испытывать ее воздействие и, следовательно, находиться в причинном отношении, то в теории электромагнитного поля Максвелла воздействия наэлектризованных тел распространяются шаг за шагом с конечной скоростью.

Поэтому классическая механика исходит из того, что изменение состояния тела обуславливается всеми воздействующими на него телами, независимо от расстояния, на которое они удалены от него. Если нас интересует движение какого-либо тела, например искусственного спутника Земли, то согласно классической механике мы должны бы, строго рассуждая, учесть воздействие на него не только Земли, Солнца и планет, но и всех небесных тел, удаленных от спутника на сколь угодно большое расстояние. Воздействие всех этих тел обуславливает движение данного тела.

Согласно теории электромагнитного поля, состояние поля в данной точке в данный момент зависит от зарядов и токов, находящихся в непосредственном соседстве и в момент, непосредственно предшествующий данному. Уравнения Максвелла, пишут Эйнштейн и Инфельд, «позволяют нам предвидеть, что случится немного дальше в пространстве и немного позднее во времени, если мы знаем, что происходит здесь и теперь. Они позволяют нам увеличивать наши знания поля малыми шагами... В теории же Ньютона, наоборот, допустимы только большие шаги, связывающие отдаленные события»³². Поэтому тело, достаточно удаленное от источника электромагнитного поля, не будет испытывать его воздействия.

Если, например, в некоторый момент времени в элементе объема ΔV возникли заряды и токи, создающие в окружающем пространстве электромагнитное поле, которое можно характеризовать математически при помощи некоторых функций-потенциалов, то, зная потенциалы (скалярный и векторный), можно с помощью соответствующих уравнений найти напряженности электрического ($\vec{E}$) и магнитного ($\vec{H}$) полей. Возникновение или изменение заря-

³² А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Эволюция физики, стр. 152.

дов и токов элемента ΔV вызывает в точках окружающего пространства соответствующее изменение потенциалов, которое распространяется от элемента ΔV по всем направлениям с некоторой конечной скоростью c .

Изменение потенциала в точке A , удаленной от элемента на некоторое расстояние, произойдет позднее по сравнению с изменениями зарядов и токов этого элемента на время, необходимое для распространения воздействий этих зарядов и токов от элемента ΔV до данной точки A .

Для выражения запаздывающего воздействия зарядов и токов в теории электромагнитного поля вводится понятие запаздывающих потенциалов. Эти потенциалы выражают тот факт, что в каждый момент t потенциал поля, возбуждаемый на расстоянии l от объема ΔV зарядами и токами этого элемента, определяется плотностью зарядов и токов этого элемента не в момент времени t , а в предшествующий момент t' , равный $t' = t - l/c$.

При помощи запаздывающих потенциалов мы можем определить напряженность электромагнитного поля в будущем, если известно распределение зарядов и токов в настоящий момент. Таким образом, при помощи функций, выражающих запаздывающие потенциалы, мы можем математически выразить то, что в определенного рода причинных связях причина предшествует своему следствию ³⁴.

В классической электродинамике вводится также понятие опережающих потенциалов электромагнитного поля. Опережающие потенциалы поля связывают значение потенциала в точке P в момент t с пространственным распределением зарядов и токов в последующий момент времени $t + l/c$.

При помощи опережающих потенциалов можно определить напряженности электрического и магнитного полей в прошлом, если известно распределение зарядов и токов в настоящем или будущем. «Таким образом,— пишет И. Е. Тамм,— уравнения электромагнитного поля, подобно уравнениям механики, позволяют определить как будущее по прошлому и настоящему, так и прошлое по настоящему и будущему» ³⁵.

³⁴ См. *Eli de Gortari*, Time in Atomic Physics. Dianoiia, IV; № 4, Fondo de Cultura, Economica, Mexico, Mords, 1958.

³⁵ И. Е. Тамм. Основы теории электричества. М., 1957, стр. 452.

Причинность и связь состояний в теории относительности

Движение объекта в теории относительности, как и в классической механике, рассматривается относительно системы отсчета, т. е. системы координат, по отношению к которой определяют положение тела в пространстве вместе со связанными с этой системой часами, служащими для отсчета времени. Системы отсчета, в которых тело, не испытывающее внешних воздействий, движется равномерно и прямолинейно, называются инерциальными.

В основе специальной теории относительности лежат два закона природы: принцип относительности и принцип постоянства скорости света. Принцип относительности формулируется следующим образом: все физические явления, происходящие при одинаковых условиях, протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета. Принцип постоянства скорости света выражает тот факт, что свет распространяется в свободном пространстве (пустоте) с одинаковой скоростью во всех инерциальных системах отсчета.

Принцип относительности в существе своем выражает мысль о независимости причинных связей физических явлений от равномерного и прямолинейного движения систем отсчета. Согласно этому принципу одинаковые условия порождают одинаковые эффекты во всех системах отсчета, движущихся относительно друг друга инерциально. Из принципа относительности вытекает также, что связь реальных состояний любой физической системы не зависит от равномерного и прямолинейного движения лаборатории, в которой измеряется этот физический процесс.

Из этих положений следует далее вывод, что и функциональные отношения, выражающие связь причины со следствием или связь состояний физической системы, должны быть неизменны при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой.

Если функциональное отношение выражает связь причины и следствия, то при переходе от одной инерциальной системы к другой преобразованию величин, определяющих начальное состояние системы, будет соответствовать такое же преобразование величин, характеризующих состояние системы в другой момент времени.

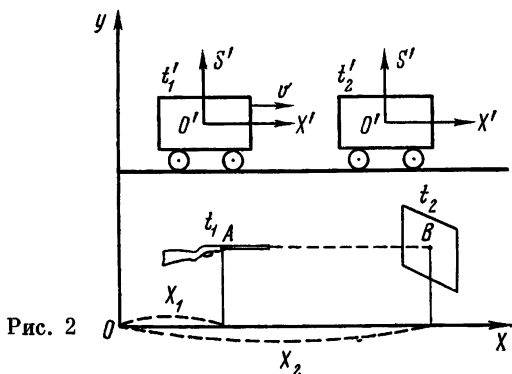


Рис. 2

Для понимания причинной связи важное значение имеет представление теории относительности о существовании предельной скорости распространения воздействий, не превосходящей скорость света в свободном пространстве.

Для обсуждения этого вопроса существенное значение имеет положение о том, что настоящее может воздействовать на будущее, но будущее не может влиять на настоящее или прошлое. Если бы можно было воздействовать на прошлое, то люди могли бы воспользоваться этим для того, чтобы изменить события прошлого. Но изменить прошлое, уже совершившееся событие невозможно. Признание возможности воздействия на прошлое есть мистика, ничего не имеющая общего с наукой.

Из этого следует, что временная последовательность причины и следствия должна сохраниться во всех системах отсчета.

Если событие A предшествует событию B и является его причиной, то A будет предшествовать B в любой системе отсчета. Если бы была возможна эта перестановка, т. е. если бы существовала такая система отсчета, в которой событие B наступало раньше события A , то это означало бы возможность обращения ряда состояний физической системы. В самом деле, пусть событие A — выстрел из ружья, событие B — попадание пули в мишень (рис. 2). Начальное состояние пули S_0 , конечное — S_n . В системе координат, связанной с неподвижным относительно Земли ружьем последовательность состояний пули представляет собой ряд, начинающийся с S_0 и кончающийся S_n . Если бы

существовала такая система отсчета, в которой следствие (попадание пули в мишень) предшествовало причине (выстрелу), то это означало бы возможность изменения последовательности состояний на противоположное от S_n к S_0 . Это в свою очередь означало бы возможность не только наблюдать прошлое, уже совершившееся явление, но и возможность активно воздействовать на него. Но это, как мы уже говорили, противоречит в принципе всей совокупности данных науки и практики. Мы должны оставить предположение о возможности временного обращения причины и следствия.

Последовательность причинно-следственных связей во времени сохраняется во всякой системе отсчета. Иначе говоря, временная последовательность причины и следствия не должна зависеть от преобразований координат. Если преобразования Лоренца истинны, то последовательность причины и следствия во времени сохраняется во всякой системе отсчета лишь в том случае, если скорость распространения воздействий не превосходит скорость света.

Это легко может быть показано на основе простых физических соображений.

Предположим, что происходят два события (см. рис. 2): выстрел из ружья (A) вдоль прямолинейного участка линии железной дороги и попадание пули в мишень (B). Выберем две системы отсчета: одну (S) свяжем с Землей и направим ось O_x вдоль рельсов, другую (S') поместим в вагоне,двигающемся относительно рельсов со скоростью v , и ось O'_x направим также вдоль рельсов.

Моменты времени событий A и B в системе S соответственно равны t_1 и t_2 . Очевидно, что $t_2 > t_1$, поэтому интервал времени между событием A (причиной) и событием B (следствием), равный $t_2 - t_1$, будет больше нуля. В системе, связанной с Землей (S), событие B (следствие) наступит после события A (причина). Величину

$$\frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = u$$

можно рассматривать как среднюю скорость движения пули в системе координат S за время $t_2 - t_1$.

Подсчитаем временной интервал между событиями A и B в системе, связанной с вагоном (S').

Согласно известным преобразованиям Лоренца, времена событий A (выстрел) и B (попадание пули в мишень) в системе будут соответственно равны:

$$t'_1 = \frac{t_1 - \frac{v}{c^2} x_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad t'_2 = \frac{t_2 - \frac{v}{c^2} x_2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Отсюда интервал времени между событиями A и B в системе будет равен:

$$t'_2 - t'_1 = \frac{(t_2 - t_1) - \frac{v}{c^2} (x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Принимая во внимание, что $x_2 - x_1 = u (t_2 - t_1)$, будем иметь после элементарных преобразований:

$$\frac{t'_2 - t'_1}{t_2 - t_1} = 1 - \frac{v \cdot u}{c^2}.$$

Откуда следует, что отношение $\frac{t'_2 - t'_1}{t_2 - t_1}$ будет сохранять знак только в том случае, если $\frac{v \cdot u}{c^2} < 1$, что возможно лишь тогда, когда v — относительная скорость системы S' и средняя скорость движения пули не будет превышать скорости света (c).

Следовательно, из утверждения о том, что во всех инерциальных системах отсчета временная последовательность причины и следствия сохраняется, следует, что скорость воздействия не может превосходить скорости света.

Справедливо также и обратное заключение, т. е. из утверждения о том, что физические воздействия не могут распространяться со скоростью, большей скорости света, с необходимостью вытекает, что временной порядок причинно-следственных связей не зависит от системы отсчета.

Если бы скорость распространения воздействий могла быть больше скорости света и если бы для таких процессов оставались справедливыми преобразования Лоренца, то это означало бы возможность изменения временной последовательности причины и следствия.

Если бы пуля двигалась со скоростью большей, чем величина c^2/v , то в системе S' следствие наступило бы раньше, чем причина. Иначе говоря, человек, неподвижный относительно Земли, наблюдал бы, что выстрел произошел раньше поражения мишени, человек же, сидящий в вагоне, наблюдал бы, что раньше произойдет поражение мишени и затем выстрел. Это означало бы, что последовательность состояний одного и того же объекта и течение времени в этих двух системах имеют противоположные направления.

Если воздействие распространяется со скоростью, меньшей скорости света, то явление A может быть причиной явления B в том случае, если временной промежуток между этими явлениями в данной системе отсчета больше или равен времени, необходимому для того, чтобы луч света, исходящий из точки A , достиг точки B . Если же события A и B разделены промежутком времени меньшим, чем интервал времени, необходимый для прохождения светом расстояния между точками, то такие события не могут находиться в причинной связи.

Из представления о конечной скорости распространения физических воздействий необходимо вытекает, что в опосредованной причинной связи начало причины всегда предшествует следствию. Всегда необходимо конечное время, чтобы воздействие, исходящее из точки A , достигло точки B , удаленной от A на некоторое конечное расстояние.

Если на Солнце в некоторый момент образовался протуберанец, то излученный им свет достигнет Земли спустя 8 минут и будет воздействовать на фотографическую пластинку в астрономической трубе. Протуберанец воздействует на пластинку не непосредственно, а через промежуточную среду. Начало причины — момент возникновения протуберанца — предшествует началу следствия — начальному моменту изменения фотографической пластинки. Очевидно, что и конец причины (момент, когда протуберанец перестанет существовать) предшествует концу следствия (моменту, когда фотопластинка перестанет изменяться под действием излучения протуберанца).

Из теории относительности следует также, что если в одной из инерциальных систем события A и B произошли одновременно и в одной точке, то они будут одновременными и в другой инерциальной системе. Из этого следует, в частности, что если в случае непосредственного воз-

действия одного точечного объекта на другой причина и следствие одновременны в одной инерциальной системе, то они будут одновременными во всякой другой инерциальной системе.

Совокупность событий, которые могут находиться в причинной связи с данным явлением A , образуют область возможных следствий события A .

Положим, что в момент t_0 в точке A произошло мгновенное событие, например вспышка электрической лампочки. В последующий момент времени $t_0 + \Delta t$ электромагнитная волна образует сферу радиусом $c \cdot \Delta t$. Излучатель волны A в момент $t_0 + \Delta t$ может быть в причинной связи с электромагнитным процессом, происходящим в любой точке шара радиусом $c \cdot \Delta t$. С течением времени эта область расширяется пропорционально времени.

В физике изображают множество событий, могущих испытывать воздействие данного явления A в системе прямоугольных координат x, y, z, t , соответствующих трем пространственным измерениям и времени. В таком случае совокупность явлений, могущих быть в причинном отношении с данным явлением A , изображается прямым круговым конусом с вершиной в точке A , с осью, параллельной оси времени, и с углом между осью и образующей, тангенс которого равен предельной скорости распространения воздействия.

Если событие A изображается точкой внутри или на границе этого конуса, то оно может (но, конечно, не обязательно) находиться в причинной связи с данным явлением A . Если же событие изображается точкой вне указанного конуса, то оно не может быть в причинной связи с данным явлением. Область возможных воздействий явления A выражает собой то, что причинное воздействие распространяется с конечной скоростью, не превышающей скорости света.

В теории относительности существенную роль играет понятие связи между различными состояниями одного и того же объекта, например при описании движения какого-либо тела, движения снаряда и т. п.

Поскольку в теории относительности принимается, что существует предельная скорость движения тел в пространстве, равная скорости света, то сказанное о временной последовательности причины и следствия относится и к временной последовательности разных состояний одной

и той же вещи. Временная последовательность состояний сохраняется во всех инерциальных системах отсчета. Это значит, если одно состояние системы предшествует другому состоянию той же системы в одной инерциальной системе отсчета, то эта временная последовательность будет сохраняться во всякой другой инерциальной системе. Мы можем воздействовать лишь на будущее состояние системы и не можем воздействовать на прошлое, причем это воздействие может быть осуществлено путем соответствующего изменения условий, т. е. на основе причинных связей этой системы.

Построенная на основе теории относительности теория гравитационных полей (полей тяготения) называется общей теорией относительности³⁶.

Согласно представлениям общей теории относительности, геометрические свойства реального пространства выражаются не геометрией Евклида, а геометрией Римана. Отклонение геометрических свойств реального пространства от евклидоваго проявляется в природе как поле тяготения. Геометрические свойства реального пространства зависят от распределения тяготеющих масс и их движения. В свою очередь движение тел в поле тяготения определяется отклонением этих свойств от евклидовых.

Искривление пространства-времени действует на тела не как сила, а как ограничитель движения, подобно тому, как наклонная плоскость направляет скатывание цилиндра, не вызывая его движения.

Эти общие идеи облачаются в математическую форму. Уравнения гравитационного поля, полученные А. Эйнштейном, представляют собой систему нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Эти уравнения выражают порождение и распространение гравитационного поля под влиянием любого вещества. Нелинейный характер уравнения поля указывает на то, что гравитационные поля взаимодействуют друг с другом.

Уравнения поля при надлежащем выборе начальных условий дают единственное решение задачи Коши, т. е. в этом случае имеет место математический детерминизм. С помощью этих уравнений мы можем однозначно опре-

³⁶ См. Л. Ландау и Е. Лифшиц. Теория поля. М., 1960, стр. 273.

делить параметры, характеризующие состояние поля в будущем, если известны значения параметров состояния этого поля в данный момент времени. Математический детерминизм в общей теории относительности создает возможность однозначных предсказаний будущего состояния поля, если известно его состояние в настоящей момент времени.

Эйнштейну совместно с Гоффманом и Инфельдом удалось вывести из уравнения поля тяготения уравнение движения частиц в этом поле. В. А. Фок вывел уравнение движения для тела, обладающего конечными размерами.

Общая теория относительности, рассматривая движение тел в поле тяготения как инерциальное, расширяет сферу самодвижения за счет сферы движений, обусловливаемых внешними силами, не исключая, однако, внешних воздействий во всех случаях, отличных от гравитации. Это дало повод некоторым позитивистам, например Джеммеру³⁷, надеяться, что в будущей общей теории поля будет совсем упразднено понятие силы.

Действительно, в современной физике имеется тенденция заменить представление о силе, как об одностороннем воздействии одной вещи на другую, более диалектическим понятием взаимодействия. Но было бы ошибкой на основе этого делать вывод, что внешние факторы не играют никакой роли в движении вещей. Если бы это было так, то мир представлял бы собой совокупность изолированных друг от друга вещей, что противоречит всем данным науки и практики. Так, дискуссии в физической и философской литературе, проводившиеся с момента создания общей теории относительности, показали принципиальную невозможность построения единой теории физических процессов без представления о внешних силовых связях и взаимодействиях.

Любая единая теория поля не может игнорировать факт существования «элементарных» частиц. Все попытки Эйнштейна и других авторов объяснить существование этих частиц с помощью единой геометризированной теории поля оказались неудачными. «Прежде всего эта програм-

³⁷ См. *M. Jammer. Concept of force. A Study in the Foundations of Dynamics*, p. 245—264.

ма,— пишет Д. Д. Иваненко,— игнорировала... факт существования электрона, протона, нейтрона и других элементарных частиц и, несмотря на все попытки, не было никакой надежды на возможность вывода существования этих частиц»³⁸.

Единая теория поля, по-видимому, не может быть создана вне и независимо от идей квантовой теории. Но если это так, то будущая единая теория физических процессов не может обойтись без понятия силового воздействия и взаимодействия, так как сущностью элементарных частиц является взаимодействие друг с другом, непосредственно или опосредованно с помощью соответствующих полей³⁹.

³⁸ См. Д. Д. Иваненко. Основные идеи общей теории относительности,— «Очерки развития основных физических идей». М., 1959, стр. 316—317.

³⁹ См. В. Гейзенберг. Замечания к эйнштейновскому наброску единой теории поля.— «История физико-математических наук». «Труды Института истории естествознания и техники», 1960, т. 34, стр. 6.

ПРИЧИННОСТЬ И СВЯЗЬ СОСТОЯНИЙ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ

Методологическое значение принципа причинности в становлении квантовой механики

Во второй половине XIX в. физики, занимающиеся изучением теплового излучения, испускаемого нагретыми телами, встретились с принципиальными трудностями, состоящими в том, что заключения, выведенные на основе классической физики, оказались в резком противоречии с опытными данными. Из повседневной практики известно, что нагретое тело рано или поздно приходит в состояние теплового равновесия с окружающей средой при конечной температуре и *перестает дальше остывать*. По теоретическим же расчетам получалось, что *при тепловом равновесии* энергия излучающего тела должна *довольно быстро излучиться в окружающее пространство*, а тело должно *охладиться практически до абсолютного нуля*. Далее, согласно классической физике, получалось, что в излучении должно происходить такое перераспределение энергии, что *большая ее часть должна приходиться на долю коротковолновой части излучения*, что также противоречило опытным фактам. Так как часть спектра излучения с короткими длинами волн называется ультрафиолетовой, поэтому проблему теплового равновесия с излучением стали называть «*ультрафиолетовой катастрофой*».

В 1900 г. немецкому физiku М. Планку, занимавшемуся изучением этой проблемы, удалось получить формулу, выражающую закон излучения, соответствующий экспериментальным данным¹. Формула Планка позволяла вы-

¹ См. «Макс Планк. 1858—1958». Сборник к столетию со дня рождения Макса Планка. М., 1958; М. Лауэ. История физики. М., 1956, стр. 145—151; «Философские вопросы современной физики». М., 1959, стр. 81—93; Б. Г. Кузнецов. Основы теории относительности и квантовой механики. М., 1957, стр. 149—180.

числить величину излучения нагретого тела и его состав по длинам волн.

Перед Планком встала задача выяснить *физический* смысл найденной им формулы для излучения. «...Если даже, — писал он позднее, — формулу для излучения предполагать справедливой с абсолютной точностью, то все же она имеет только формальный смысл точно *угаданного закона*. Поэтому со дня установления этой формулы я был занят тем, что старался придать ей истинный *физический смысл*»². Для этого необходимо было выяснить, какой *физический* закон, какие реальные связи и их свойства отражает эта формула.

Выяснение этого вопроса привело Планка к рассмотрению связи между энтропией и вероятностью. Согласно Больцману, энтропия пропорциональна логарифму вероятности состояния системы ($S = k \ln W$). Оказалось, что для того чтобы величину W можно было истолковать как некоторую вероятность, необходимо было ввести некоторую постоянную, обозначенную Планком h и названную квантом действия, так как она имеет размерность произведения энергии на время. Теперь перед ним возник «вопрос о той роли, которую играет эта новая константа в *закономерностях* физических процессов»³.

Все попытки, продолжающиеся в течение ряда лет, ввести постоянную h в рамки классических представлений, окончились провалом. Крушение этих попыток поставило перед Планком альтернативу: или считать, что квант действия является фиктивной величиной — и тогда формула излучения имеет формальный характер, лишенный какого-либо объективного содержания, или принять, что квант действия выражает какие-то реальные свойства физических процессов, не укладывающиеся в представления классической теории.

В конце концов М. Планк принимает вторую альтернативу. Он предполагает, что постоянная h имеет реальный физический смысл и найденная им формула излучения выражает реальную физическую закономерность. Далее оказалось, что для физического истолкования найденной Планком формулы теплового излучения необходимо сде-

² М. Планк. Научная автобиография. — «Макс Планк, 1858—1958», стр. 26 (подчеркнуто мной. — Г. С.).

³ Там же, стр. 27.

лать предположение, что поглощение и испускание энергии происходит не непрерывно, как это считала классическая физика, а прерывно, дискретными порциями, названными квантами энергии.

Энергия кванта излучения частоты ν (т. е. для волны, в которой электрическое поле в каждой точке пространства совершает ν колебаний в секунду) равна произведению $h\nu$, где h — постоянная Планка, или квант действия, равна приблизительно $6,6 \cdot 10^{-27}$ эрг·сек.

Предположение о дискретном характере испускания и поглощения энергии телом по существу своему выражает идею о прерывном характере причинных связей в атомной области. «...Квант действия, — писал Планк, — играет фундаментальную роль в атомной физике, и с его появлением в физической науке наступила новая эпоха, ибо в нем заложено нечто, до того времени неслыханное, что призвано радикально преобразить наше физическое мышление, построенное на понятии непрерывности всех причинных связей с тех самых пор, пока Ньютоном и Лейбницем было создано исчисление бесконечно малых»⁴.

Так возникла знаменитая гипотеза Планка о квантах, революционизировавшая представления классической физики о непрерывности всех физических явлений и положенная в основу современной квантовой физики.

Методологической основой гипотезы Планка явился принцип причинности с его признанием причинной обусловленности всех реальных процессов. Если бы Планк считал, что в природе не существуют объективные причинные, закономерные связи и задачи науки сводятся лишь к описанию явлений, то перед ним никогда не возникла бы задача выяснения истинного физического смысла найденной им формулы излучения, т. е. рассмотрения того, какие закономерные, причинные связи она выражает.

Вместе с тем открытие кванта действия заставляет нас отказаться от представления, что все причинные связи непрерывны. Идея о непрерывности причинных связей удовлетворяет классическую физику, занимающуюся изучением макропроцессов, но ее недостаточно для квантовой физики, изучающей закономерности микромира.

Классическая физика исходит, вообще говоря, из того, что в определенных пределах малое изменение внешних

⁴ «Макс Планк. 1858—1958», стр. 27—28.

воздействий вызывает малое изменение испытывающей это воздействие системы. Иначе говоря, в известных пределах вариации внешних воздействий, изменение состояния физической системы может быть сколь угодно малым при соответствующем малом дифференциале внешнего воздействия.

Правда, и раньше было известно, что при достижении некоторых пределов непрерывное количественное изменение состояния системы уступает место прерывному, качественному. Из практики испытания материалов на прочность хорошо известно, например, что до тех пор, пока напряжение не превосходит предела пропорциональности, малым изменениям нагрузки соответствуют малые деформации, однако при напряжениях, сколь угодно близких к пределу прочности материала, малые изменения нагрузки могут вызвать большие изменения в деформации и даже разрыв тела. В макроскопической области непрерывные изменения состояния системы, описываемой методами классической физики, рано или поздно приводят к прерывным, качественным изменениям.

Открытие Планка вскрыло, что изменения состояния атомной системы, переход ее из одного энергетического состояния в другое, обусловленный внешними воздействиями, происходит прерывно, скачками. Так как энергия макроскопического тела значительно больше энергии кванта излучения, то в классической области можно абстрагироваться от прерывного характера действия причины и изменения состояний и принять, что они непрерывны. Прерывный характер причинной связи и скачкообразный характер изменения состояний мы должны учитывать в микромире, т. е. в тех процессах, где существенную роль играет квант действия. «Для каждой сложной частицы,— пишет Д. И. Блохинцев,— существует своя последовательность вполне определенных возможных состояний, каждое из которых отделено от другого скачкообразными изменениями»⁵. Для свободной же атомной системы, перемещающейся в пространстве, связь состояний носит непрерывный характер.

Дальнейший шаг в обосновании и развитии гипотезы квантов был сделан А. Эйнштейном, которому удалось объ-

⁵ Д. И. Блохинцев. Основы квантовой механики. М.—Л., 1949, стр. 20 (курсив мой.— Г. С.).

яснить эксперименты по фотоэлектрическому эффекту. Суть этого эффекта состоит в том, что под действием ультрафиолетового света из металлов вырываются электроны. Исследования показали, что энергия выброшенных под действием света электронов не зависит от интенсивности света, а зависит только от частоты падающего света. От интенсивности света зависит лишь число оторванных от поверхности металла электронов. Эти экспериментальные данные находились в прямом противоречии с представлениями господствующей тогда волновой теории света. Согласно волновой теории света энергия фотоэлектронов должна находиться в прямой зависимости от интенсивности падающего света. Таким образом, классическая физика оказалась неспособной объяснить фотоэффект.

Крах попыток объяснить фотоэффект на основе представлений о волновой природе света поставил А. Эйнштейна, занявшегося изучением этого эффекта, перед двумя возможностями: или признать, что единственной истинной теорией света является классическая волновая теория, — и, следовательно, признать, что фотоэффект не является закономерным причинно обусловленным явлением, или признать, что фотоэффект, как и все другие явления природы, имеет свои причины, которые можно объяснить на пути изменения классических представлений о взаимодействии света и вещества. Будучи убежденным «в том, что существует объективный мир, подчиняющийся только законам причинности, где субъективные взгляды не имеют значения»⁶, Эйнштейн избирает вторую возможность. Он ищет причины, которые бы объяснили фотоэффект.

Размышления привели Эйнштейна к выводу, что объяснить фотоэффект можно на пути расширения квантовых представлений Планка, приняв, что порциями, квантами происходит не только испускание и поглощение света, но и его распространение в пространстве. Согласно этим представлениям, свет является не чисто волновым излучением, как это считали в течение почти двух столетий, а своеобразным потоком световых квантов, названных фотонами.

Предположив, что свет представляет собой своеобразный поток частиц особого рода, Эйнштейн легко объяснил фотоэффект. Частицы света, фотоны, достигнув поверхно-

⁶ Цит. по книге К. Зелиг. Альберт Эйнштейн. Сокращенный перевод с немецкого. М., 1964, стр. 182—183.

сти металла, сталкиваются с электронами и отдают ему свою энергию. Если энергия, которую приобрел электрон, окажется достаточной для того, чтобы освободиться от удерживающих его связей, он отрывается от поверхности. Каждый оторвавшийся электрон берет энергию только у одного фотона, так как вероятность поглощения электроном энергии двух и более фотонов ничтожно мала. Это объясняет зависимость между интенсивностью света и числом освободившихся электронов. Ведь число выброшенных электронов пропорционально числу поглощенных фотонов, число же последних *определяется интенсивностью света. Энергия же вылетевшего из металла электрона зависит от энергии поглощенного им фотона*, которая равна произведению постоянной Планка h на частоту соответствующей волны ν ($E = h\nu$). Отсюда следует, что энергия освободившихся от металла электронов зависит от частоты падающего света.

На основе гипотезы о квантах света Эйнштейну удалось не только объяснить причины, порождающие фотоэффект, но и дать им количественную оценку. Он вывел соответствующее уравнение, выражающее закон сохранения энергии при фотоэффекте. Из этого уравнения следует, что энергия фотона, поглощаемая атомами металла, идет на отрыв электрона от атома, на вывод электрона за пределы поверхности тела и сообщение кинетической энергии освобожденному фотоэлектрону.

Характерно, что в основе предложенного Эйнштейном объяснения фотоэффекта лежит представление о микропроцессах: о взаимодействии элементарных частиц — фотонов и электронов. Взаимодействие фотона с электроном в атоме необходимо вызывает при определенных условиях отрыв электрона от атома.

Таким образом, в основе объяснения Эйнштейном явления фотоэффекта лежит представление о причине как о взаимодействии. Возникновение или изменение этого взаимодействия необходимо вызывает возникновение или изменение определенного результата.

Опытное подтверждение теории фотоэффекта было дано в экспериментальных работах советских физиков Иоффе, Лукирского и Добронравова. На основе знания причин, обуславливающих фотоэлектрический эффект, в настоящее время строятся фотоэлементы, широко применяемые в науке и технике: для регистрации и измерения све-

товых потоков, для световой сигнализации, телевидения, звукового кино и т. п.

Гипотеза Эйнштейна не является строго корпускулярной, ибо она прибегает к понятию частоты света, которое является отражением волновых свойств. Эйнштейн понимал, что для объяснения столь своеобразного явления необходимо сохранить свойства волны и установить некоторое соответствие между волнами и корпускулами. Таким образом, как правильно отметил М. Борн, сам Эйнштейн «выявил парадоксальный дуализм волны-частицы»⁷.

С помощью гипотезы квантов света удалось объяснить, кроме фотоэффекта, такие явления, как теплоемкость твердых тел, ионизацию и другие. Позднее (1919 г.) на основе теории квантов удалось объяснить эффект Комптона, состоящий в рассеянии «жесткого», т. е. проникающего невидимого электромагнитного, излучения на свободных электронах.

Эффект Комптона показывал, что электромагнитные волны, рассеиваясь на свободных электронах, в известной мере уменьшают свою частоту. Причины этого явления не могли быть объяснены на основе классических волновых представлений о природе света и были объяснены с помощью представлений о квантах света.

Для того чтобы можно было объяснить причины, вызывающие эффект Комптона, необходимо было предположить, что фотон света обладает не только определенной энергией, но и определенным количеством движения, т. е. ведет себя при некоторых условиях, грубо говоря, как упругий шар. Фотон, сталкиваясь с электроном, отдает часть своей энергии и количества движения электрону, отскакивает от него, имея при этом меньшую энергию. Такое объяснение соответствует опытным данным и является вполне каузальным даже с микроскопической точки зрения.

Фотоэффект и эффект Комптона показали, что свет в известных условиях подобен потоку частиц, которые, сталкиваясь с электронами, ведут себя, как упругие шарики, обладающие определенной энергией и количеством движения. С другой стороны, из ранее известных опытов по интерференции и дифракции света следовало, что свету присущи также и волновые свойства. Свет обладает

⁷ М. Борн. Альберт Эйнштейн и световые кванты.— «Эйнштейн и современная физика», стр. 176.

одновременно свойствами частицы и волны, причем в одних условиях больше проявляются волновые свойства, в других — корпускулярные.

После того, как стало ясно, что идея квантов света имеет серьезное экспериментальное обоснование, возникла потребность увязать ее с теорией атома. Это было тем более необходимо, что было обнаружено серьезное противоречие между моделью атома Резерфорда, построенной на классических представлениях, и опытными фактами.

Согласно Резерфорду, атом представляет собой миниатюрную Солнечную систему, в центре которой находится сравнительно массивное ядро, заряженное положительным электрическим зарядом, и вокруг него вращаются легкие электроны, заряженные отрицательным электрическим зарядом. Из классической электродинамики вытекало, что электрон, вращающийся вокруг ядра и обладающий огромным ускорением, должен непрерывно излучать энергию и вследствие этого падать на ядро. Однако опытные данные говорили совершенно иное. Атом как система обладает большой устойчивостью.

Далее, согласно выводам классической электродинамики, частота излучения атома должна совпадать с частотой обращения электрона вокруг ядра и может быть совершенно произвольной. Экспериментальные же исследования показали наличие в спектрах атомов резких линий, что говорило о том, что атом не может испускать и поглощать свет произвольной частоты.

В связи с этим возникла необходимость объяснить новые экспериментальные данные, т. е. построить такую теорию атома, которая бы вскрывала причины, обуславливающие устойчивость и дискретность его спектра поглощения и излучения.

В 1913 г. Н. Бор, занимаясь этой проблемой, пришел к выводу, что для того, чтобы объяснить устойчивость атома и особенности его спектра испускания и поглощения, необходимо ввести идею прерывности в учение о строении атома. Бор создал первую квантовую теорию строения атома водорода, основанную на трех постулатах:

1) электрон может двигаться вокруг ядра только по определенным «дозволенным» орбитам, удовлетворяющим особым условиям;

2) на «дозволенных» орбитах электрон может двигаться сколько угодно долго, не испуская энергии;

3) испускание или поглощение света электроном происходит тогда, когда электрон перескакивает с одной орбиты на другую.

Если электрон переходит с орбиты, соответствующей большей энергии, на орбиту, соответствующую меньшей энергии, то он испускает свет. Наоборот, при переходе электрона на орбиту с большей энергией электрон поглощает свет. При каждом перескакивании электрона с одной «дозволенной» орбиты на другую энергия испускается или поглощается в виде одного фотона.

Теория Бора, основанная на этих постулатах, правильно отражала дискретный спектр простейшего атома — атома водорода. Она позволила упорядочить огромный эмпирический материал в области спектроскопии. В последующие годы с помощью той же теории удалось описать также ряд других атомных явлений (расщепление спектральных линий атома в магнитном и электрическом полях — эффекты Зеемана и Штарка и др.).

Все это говорило о том, что постулаты Бора в каком-то приближении правильно отражают структуру атома. Однако теория атома Бора, естественно, не могла претендовать на исчерпывающее познание атома.

Эта теория сыграла прогрессивную роль в истории науки. В ней, как и в идеях Планка и Эйнштейна, вскрывается существование в области микрофизики новых закономерностей, требующих для своего отражения новых понятий, не укладывающихся в рамки классической физики. Квантовые идеи Планка, Эйнштейна и Бора подготовили почву для глубокого революционного переворота в умах физиков, основательно поколебали их уверенность во всеобщности понятий и принципов макроскопической физики.

Как это ни парадоксально, но теория атома Бора, вопреки субъективным намерениям ее автора, выражает определенные стороны причинных связей, обуславливающих движение электрона в атоме.

В самом деле, какой смысл содержится в его знаменитых постулатах?

Первый постулат утверждает, что электроны двигаются вокруг ядра не по всем орбитам, а по некоторым «дозволенным», удовлетворяющим определенным условиям. Орбиты, по которым может двигаться электрон, определяются как энергией электрона, так и атомным ядром, т. е. зависят от внутренних и внешних факторов. Каждому электро-

ну, обладающему данной энергией и испытывающему воздействие определенного атомного ядра, например ядра атома водорода, соответствует одна «дозволенная» орбита. Это значит, что электроны, обладающие одинаковой энергией и испытывающие воздействия одинаковых ядер, будут двигаться по одинаковым орбитам. По существу, это есть выражение того принципа, что одинаковые причины при одинаковых условиях производят одинаковые следствия.

Далее. Согласно второму постулату, электроны, двигающиеся по «дозволенной» орбите, не излучают энергии. Этот постулат выражает то, что движение электрона по орбите не может быть причиной излучения электрона.

Третий постулат говорит, что излучение электрона происходит только тогда, когда электрон перескакивает с одной орбиты на другую. Он выражает причинную связь между «скачком» электрона с одной орбиты на другую и излучением этого же электрона; первое явление (скачок) необходимо производит второе явление (излучение).

Таким образом, теория атома Бора молчаливо предполагает так или иначе признание причинной обусловленности движения электрона вокруг ядра атома. Она содержит в себе в неявном виде признание, что поведение микрообъекта зависит как от его внутренней природы, так и от внешних воздействий, что одинаковые микрообъекты при одинаковых внешних воздействиях ведут себя одинаково.

В своей теории атома Бор сочетает противоположные понятия: прерывное и непрерывное, конечное и бесконечное, старые классические и новые квантовые представления. Вводя первый и второй постулаты, Бор отвергает необходимые следствия классической теории излучения (теорема об излучении неравномерно движущегося электрона), не отвергая принципов этой теории и всех остальных следствий из них. Электроны, двигаясь вокруг атомного ядра по «дозволенным» орбитам, вопреки классическим представлениям, не излучают энергию.

Однако электроны могут при известных условиях переходить с одной дозволенной орбиты на другую дозволенную орбиту и при этом излучать энергию в соответствии с законами классической физики. Скорость движения электрона по орбите всегда конечна, скорость перехода электрона с одной орбиты на другую — всегда бесконечна.

Такое сочетание противоречивых понятий в одной теории многим физикам, не знающим диалектики, казалось непонятным, противоречащим «здравому» смыслу. «Эти три постулата, — писал О. Д. Хвольсон, — представляются в высокой степени странными, чтобы не сказать — дикими»⁸. Известный физик Брэгг шутливо замечал, что по теории Бора мы как бы должны по понедельникам, средам и пятницам пользоваться классическими представлениями, а по вторникам, четвергам и субботам — квантовыми!

Однако успех теории атома Н. Бора в объяснении движения электрона атома водорода заставил ученых признать его научную ценность.

«...Общее впечатление от всех работ Бора, — пишет В. А. Фок, — начиная с самых первых, — их глубокая диалектичность. Бор не смущается противоречиями, возникающими тогда, когда к существенно новым явлениям природы подходит с точки зрения старых взглядов, а ищет разрешения противоречий в новых идеях. Эта диалектичность вполне сознательная: Бор мне говорил, что он еще в молодости изучал диалектику и всегда ее высоко ставил»⁹.

Следующий шаг в развитии квантовой теории связан с работами Луи де Бройля. Исходя из убеждения, что истинная физическая теория должна вскрыть объективные причинные связи реальных физических процессов, де Бройль искал смысл постулатов Бора, стремился вскрыть связи, отражаемые этими постулатами. Размышления о причинах появления в математической форме третьего постулата Бора целых чисел, которые часто появляются и в волновой теории света при подсчете явлений интерференции, натолкнули де Бройля на мысль, что электроны и другие частицы вещества, подобно частицам света, являются единством прерывного и непрерывного, единством корпускулы и волны. Он выдвинул гипотезу, что каждая частица вещества сопровождается волной так, что эта частица представляет собой некоторую связь корпускулярных и волновых свойств.

Опираясь на уже прочно установленное опытами пред-

⁸ О. Д. Хвольсон. Физика наших дней. Л.— М., 1932, стр. 71.

⁹ В. А. Фок. Нильс Бор в моей жизни. — «Наука и человечество». М., 1963, стр. 519.

ставление о корпускулярно-волновом дуализме частиц света и используя идеи оптико-механической аналогии, высказанные Гамильтоном еще в прошлом веке, де Бройль приступил к разработке своей гипотезы.

Ряд факторов указывал на то, что между светом и веществом нет непроходимой пропасти. Это прежде всего знаменитые опыты П. Н. Лебедева по определению светового давления, которые показали, что частицы света, фотоны, подобно частицам вещества, обладают количеством движения, т. е. массой и скоростью. Указанное открытие перебрасывало мост между светом и веществом.

Если свет одновременно обладает свойствами корпускулы и волны, то, следовательно, и частицы вещества должны наряду с корпускулярными свойствами обладать волновыми свойствами. Так де Бройль пришел к выводу, что «следовало произвести общий синтез, применимый как к частицам вещества, так и к свету и объединяющий аспект волны и аспект частицы, неразрывно связанные друг с другом, в формулах, в которых непременно фигурировала бы постоянная h Планка»¹⁰.

Идеи де Бройля настойчиво толкали физиков на поиски новых теорий, в которых бы понятие частицы, выражающее прерывность вещества, было связано с понятием волны, отражающей непрерывность. Поистине, новая физика прямо стучалась в дверь материалистической диалектики.

В 1926 г. появились теоретические работы Шредингера, которые продолжали идеи де Бройля. Шредингер нашел в общем виде уравнение распространения соединенной с частицей волны и показал, как можно подсчитать при помощи этих уравнений стационарное состояние электронов в атоме, определяемых постулатами Бора.

Шредингер заменил боровскую схему «прыгающего электрона» представлением о колеблющемся электроне, движение которого строго причинно обуславливалось. Если, по Бору, излучение атома происходит только тогда, когда электрон «перепрыгивает» с одной орбиты на другую, то Шредингер предположил, что электрон, подобно

¹⁰ Луи де Бройль. Останется ли квантовая физика индетерминистической?— «Вопросы причинности в квантовой механике». М., 1955, стр. 16.

вибратору, совершает беспрестанные колебательные движения. Следовательно, и уравнение, отражающее состояние электрона, должно быть подобно волновому уравнению вибратора. За основу уравнения, отражающего движение электрона, он принял волновое уравнение вибратора. В это уравнение он внес некоторые поправки с учетом данных оптико-механической аналогии и соотношения де Бройля, отражающих специфику движения микрообъектов.

Так было получено основное уравнение квантовой механики — уравнение Шредингера, отражающее движение микрочастиц с малой скоростью по сравнению со скоростью света. Уравнение Шредингера подтверждено огромным количеством экспериментов в атомной физике и образует математический фундамент нерелятивистской квантовой механики.

Параллельно с де Бройлем и Шредингером Гейзенберг, Борн, Иордан и независимо от них Дирак разрабатывали путем обобщения представлений Бора об электронных орбитах матричную механику. Вскоре Шредингер показал, что оба эти направления являются лишь различными представлениями одной и той же теории.

В отличие от уравнения классической динамики на основе уравнения Шредингера мы не можем однозначно предсказать, как будет двигаться частица. На основании решения волнового уравнения мы можем лишь предсказать, какова вероятность найти микрочастицу в определенном месте пространства в данный момент времени или какова вероятность того, что электрон в данный момент будет иметь данный импульс.

Подтверждением идеи де Бройля о наличии у электронов и других частиц вещества волновых свойств явились опыты по дифракции электронов при прохождении через кристаллы.

Явление дифракции — характерное свойство волн. Световые волны, проходя через правильно построенную решетку или отражаясь от нее, интерферируют и образуют так называемую дифракционную картину. Это свойство света было использовано ранее для доказательства волновой природы рентгеновских лучей. Для этой цели используют правильное расположение атомов в решетке кристалла. Рентгеновские лучи, проходя через кристаллическую решетку, падают на экран, на котором наблюдается ди-

фракционная картина, состоящая из серии концентрических колец.

Подобные опыты были выполнены Дависсоном, Джеммером и Тартаковским с пучком электрона, и было замечено, что получается картина, похожая на дифракционную, полученную для рентгеновских лучей. Эти эксперименты подтвердили, что электроны так же, как и частицы света, обладают волновыми свойствами.

Логической основой выводов из экспериментов по дифракции электронов являются каузальные представления. В самом деле, вывод о наличии у электронов волновых свойств из опытов по дифракции можно сделать лишь тогда, когда существует причинная связь между взаимодействием волновых объектов с решеткой определенного вида и дифракционной картиной, наблюдаемой на экране. Если бы не существовала эта причинная связь, т. е. если бы в результате взаимодействия то получалась дифракционная картина, то не получалась, тогда в этом случае из опытов по дифракции электронов мы не могли бы сделать вывод о наличии у последних волновых свойств.

Далее, если же причинная зависимость между взаимодействием волновых объектов с прибором определенного рода (дифракционная решетка) и дифракционным распределением этих объектов на экране действительно существует, то мы можем на основе наблюдаемой дифракционной картины в опыте с электронами сделать вывод о наличии у них волновых свойств. Иначе говоря, на основе следствия мы можем судить о характере причины. Правда, в основе этого умозаключения лежит представление о причинной обусловленности не отдельного электрона, а их совокупности. В результате взаимодействия большой совокупности электронов с дифракционной решеткой получается строго определенное, закономерное распределение частиц на экране.

О строгой определенности распределения совокупности электронов можно судить хотя бы по тому, что по расстоянию между смежными дифракционными кольцами, получаемыми на экране, точно определяют длину волны, связанную с падающими на дифракционную решетку электронами.

Вследствие того, что дифракционная картина в целом является результатом совокупного взаимодействия большого числа электронов с дифракционной решеткой, мы не

Можем по результатам дифракционных опытов однозначно судить о причинной обусловленности движения *отдельного* электрона, о чем подробно будет сказано ниже.

Таким образом, опыты по дифракции подтверждали наличие у электронов волновых свойств, такие же экспериментальные факты, как фотоэффект, эффект Комптона и другие, показали, что в известных условиях электроны взаимодействуют подобно быстро летящей корпускуле.

Экспериментальное подтверждение существования у фотонов, электронов и других микрочастиц волновых и корпускулярных свойств явилось блестящим триумфом идей волновой механики де Бройля и Шредингера.

Современная квантовая механика — это физическая теория микроявлений, охватывающая большой круг процессов, в том числе те, которые не объясняются с точки зрения классической физики. В то же время квантовая механика представляет собой более широкое обобщение, чем классическая физика, и содержит последнюю как частный случай ¹¹.

Современная квантовая механика не является потолком развития физической теории. Уже сейчас есть основание утверждать, что дальнейшее углубление в сущность внутриядерных процессов и взаимодействия элементарных частиц приведет к революционизированию квантовых представлений современной физики.

Создание квантовой механики явно или неявно связано с принципом причинности. М. Планк, А. Эйнштейн и Н. Бор, развивая идею квантов, так или иначе исходили из этого принципа. Если верно, что без основополагающих идей Планка, Эйнштейна, Бора и де Бройля не было бы современной квантовой механики, то верно также, что она была бы невозможна без принципа причинности. Принцип причинности имел огромное эвристическое значение при создании квантовой механики.

Смелость мысли Планка, Эйнштейна состоит прежде всего в том, что они распространили понятие причинности и на область микропроцессов, причем под причиной они

¹¹ Анализ вопроса о связи классической физики и квантовой механики дан в книге *И. В. Кузнецов*. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. М.—Л., 1948.

понимали некоторое материальное активное начало, обуславливающее то или иное явление.

Тот факт, что на основе принципа причинности удалось объяснить такие экспериментально наблюдаемые явления, как тепловое излучение, фотоэффект, эффект Комптона и множество других явлений, создать физические идеи, легшие в основу квантовой физики, говорит о плодотворности категории причинности и для познания микропроцессов. Это свидетельствует также о том, что понятие причины как активного производящего начала не только не является «примитивным» и лишним в науке, без которого современная наука может обойтись, как это утверждают позитивисты, а наоборот — совершенно необходимо для науки, без него не был бы возможен научный прогресс.

Принцип причинности, писал М. Планк, — «самый эвристический принцип, это — путеводитель и, по моему мнению, самый ценный путеводитель, каким мы только располагаем, чтобы ориентироваться в пестрой путанице явлений и находить направления, в каких должны идти физические исследования, чтобы они дали плодотворные результаты. Точно так же, как закон причинности руководит только что просыпающейся душой ребенка и в его уста вкладывает неутомимый вопрос: «почему?», он сопровождает исследователя всю жизнь и непрестанно ставит перед ним новые проблемы»¹².

Попытки использования квантовой механики для отрицания причинности

Современные философы-идеалисты пытаются приспособить данные новейшей физики для дискредитации материалистического учения о причинности. В своих рассуждениях они обычно ссылаются на высказывания ведущих зарубежных физиков, и прежде всего Н. Бора, В. Гейзенберга, внесших своими специальными исследованиями большой вклад в создание и развитие квантовой теории.

Гейзенберг, например, еще в 1927 г., когда только что было закончено создание основ нерелятивистской кван-

¹² *M. Plank. Die Kausalität in der Natur. — «Vorträge und Erinnerungen» (Stuttgart), Aufl. 5, S. 268—269.*

товой механики, выступил с заявлением о том, что квантовая механика «окончательно» опровергла закон причинности¹³. Основываясь на подобного рода высказываниях, английский физик Эддингтон писал: «Если наши чаяния окажутся хорошо обоснованными, а именно: что в 1927 г. Гейзенберг, Бор и Борн и другие окончательно опровергли строгую причинность, то этот год превратится в одну из величайших эпох в развитии научной философии...»¹⁴.

В последующие годы Бор и Гейзенберг неоднократно повторяли свои заявления о том, что квантовая механика отрицает причинность, детерминизм. Так, в статье «О понятиях каузальности и дополнительности» (1950) Н. Бор писал, что принципы квантовой механики «не только абсолютно чужды классическим теориям механики и электродинамики, но они также несовместимы с самой идеей каузальности»¹⁵. «...Современная атомная физика, — говорит Гейзенберг, — отменяет закон причины и следствия или по крайней мере частично лишает его силы настолько, что нельзя говорить о закономерностях природы в прямом смысле»¹⁶.

Вслед за Бором и Гейзенбергом пытаются истолковать квантовую механику в духе отрицания причинности, детерминизма ряд других зарубежных физиков.

Например, австрийский физик А. Марх заявлял, что «философы (имеются в виду материалисты. — Г. С.), собственно, не имеют основания брать под защиту причинность и с ожесточением защищать ее, так как современная физика показала, что она вовсе не так строго обоснована, как принято считать в классической физике»¹⁷. Он отвергает положение, что существуют какие-то «скрытые», еще не познанные причины микропроцессов. «...Мы не можем разыскать причины для наступления микрособытий не потому, что они скрыты от нас, а потому, что они вовсе не существуют»¹⁸.

Американский физик П. Бриджмен утверждает, что опыты с поочередно летящими электронами заставляют

¹³ «Zeitschrift für Physik», 1927, Bd. 43, H. 3-4, S. 117.

¹⁴ Eddington. The Nature of the physical Universe. 1928, p. 350.

¹⁵ «Science», 1950, 111, № 2873, p. 51.

¹⁶ «Universitas», 1954, Hf. 3, S. 225.

¹⁷ A. March. Natur und Erkenntnis, S. 218.

¹⁸ Там же, стр. 220.

отказаться от применения понятия причинности к микропроцессам. «В области мельчайших частиц закон причины и следствия не действует»¹⁹, — пишет он. Особую активность в защите философских взглядов Н. Бора на квантовую механику проявляет в последние годы Л. Розенфельд²⁰.

Много внимания уделяли и уделяют обсуждению проблемы причинности в квантовой физике Г. Рейхенбах²¹, Ф. Франк²², П. Феврие²³ и другие философы, специализирующиеся на теоретико-познавательных вопросах современной физики.

Попытки отрицания причинности в квантовой физике используются теологами для ограничения сферы научного познания и приспособления науки к вере.

Председатель Высшей школы лютеранского объединения миссионеров в Хиллеради Фритс Ларсен на общем собрании христианского союза послушников говорил: «Атомная физика опровергла закон причинной связи. Остается только закон веры. Теперь наука помогает нам верить... Исследования в области атомной энергии не враждебны христианству; они превратились в сильный довод всевышнего... Он не дедушка, а всемогущий повелитель тайных сил, позволивший таким людям, как Эйнштейн и Бор, приподнять завесу и заглянуть в эти тайны»²⁴.

Истолкование квантовой механики в духе отрицания причинности встретило критику со стороны таких ученых и мыслителей, как М. Планк²⁵, А. Эйнштейн²⁶, П. Лан-

¹⁹ P. Bridgman. Reflection of a Physist. N. Y., 1955, p. 216.

²⁰ См. Л. Розенфельд. Развитие принципа дополнительности. — «Нильс Бор. Жизнь и творчество». Сб. статей. М., 1967.

²¹ H. Reichenbach. Philosophic Foundation of Quantum Mechanics. Berkeley and Angeles, 1946; *его же*. The Direction of time. Berkeley and Angeles, 1956.

²² Ph. Franck. Das Kausalgesetz und Seine Grenzen. Berlin, 1932; *его же*. Philosophy of Science, N. Y., 1957.

²³ P. Fevrier. Determinisme et indéterminisme. Paris, 1955.

²⁴ Цит. по «Dialog», 1955, № 2, p. 10—11.

²⁵ M. Planck. Die Kausalität in der Natur. — «Vortrage und Erinnerungen» (Stuttgart), Aufl. 5, 1949; *его же*. Determinismus und Indeterminismus. Leipzig, 1955.

²⁶ А. Эйнштейн. Замечание о квантовой теории. Можно ли считать квантово-механическое описание физической реальности полным и др. — «Собрание научных трудов», т. 3. М., 1966.

жевен²⁷, де Бройль²⁸ и др. Активную борьбу за материализм в науке ведут ученые более молодого поколения: Ж. П. Вижье, Д. Бом, С. Саката, М. Бунге²⁹ и др.

Большую работу по освещению теоретико-познавательных проблем квантовой теории с позиций современного материализма провели советские физики С. И. Вавилов, В. А. Фок, Д. И. Блохинцев, С. В. Вонсовский, А. Д. Александров, В. Л. Гинзбург, А. И. Ахиезер, Д. Д. Иваненко, А. А. Соколов, Я. П. Терлецкий и другие³⁰. Активное уча-

²⁷ П. Ланжевен. Атомы и корпускулы; современная физика и детерминизм.— «Избранные труды». М., 1960.

²⁸ Луи де Бройль. Останется ли квантовая механика индетерминистической.— «Вопросы причинности в квантовой механике». Сб. статей. М., 1955; *его же*. Интерпретация волновой механики.— «Вопросы философии», 1956, № 6; *его же*. La thermodynamique «casnée» des particules.— «Ann Inst. Henri Poincaré», 1964, 1, № 1.

²⁹ Ж. Вижье. Релятивистская физика и квантовая физика.— «Вопросы причинности в квантовой механике». Сб. переводов. М., 1955; *его же*. К вопросу о теории поведения индивидуальных микрообъектов.— «Вопросы философии», 1956, № 6; Д. Бом. О возможности интерпретации квантовой теории на основе предположения о «скрытых» параметрах.— «Вопросы причинности в квантовой механике»; D. Bohm, J. P. Vigier. Model of the Causal Interpretation of Quantum Theory in Terms of a Fluid with Irregular Fluctuations.— «The Physical Review», 1954, 94, № 1. Саката Сеити. К вопросу об истолковании квантовомеханической теории.— «Вопросы философии», 1962, № 9; М. Бунге. Причинность. М., 1962.

³⁰ См., напр. А. Д. Александров. О смысле волновой функции.— «Доклады Академии наук СССР», 1952, т. 85, № 2; *его же*. Против идеализма и путаницы в понимании квантовой механики.— «Вестник Ленинградского университета», 1949, № 4; С. И. Вавилов. Новая физика и диалектический материализм.— Собрание сочинений, т. III. М., 1956; В. А. Фок. Основные законы физики в свете диалектического материализма.— «Вестник Ленинградского университета», 1959, № 4; *его же*. Критика взглядов Бора на квантовую механику.— Сб. «Философские вопросы современной физики». М., 1958; *его же*. Об интерпретации квантовой механики.— Сб. «Философские вопросы современного естествознания». М., 1959; А. И. Ахиезер. Современное состояние квантовой электродинамики и трудности ее развития.— Сб. «Философские вопросы современной физики». Киев, 1956; *его же*. Эволюция понятия частицы и поля и современное состояние теории элементарных частиц.— Сб. «Философские вопросы современной физики». Киев, 1964; Д. И. Блохинцев. Основы квантовой механики. М., 1961; *его же*. Критика философских воззрений так называемой «Копенгагенской школы» в физике.— В сб. «Философские вопросы современной физики». М., 1952; С. В. Вонсовский. Принцип причинности в современной

стие в критике субъективистских концепций в вопросах интерпретации квантовой физики и разработке ее теоретико-познавательных проблем приняли советские философы М. Э. Омеляновский, Б. М. Кедров, И. В. Кузнецов, П. С. Дышлевой, С. Г. Суворов, В. С. Готт, Ю. В. Сачков, Б. Я. Пахомов³¹ и другие.

Зарубежные физики, отрицающие применимость принципа причинности к микропроцессам, считают, что их индетерминистические концепции вытекают не из философских предубеждений, а из самого содержания квантовой физики. Так ли это на самом деле? Какое истинное отношение между данными квантовой механики и материалистическим принципом причинности?

Правда, в последние годы своей жизни такой физик, как Н. Бор, больше не говорил о том, что квантовая механика несовместима с принципом причинности, а даже за-

атомной физике.— Сб. «Некоторые философские вопросы естествознания». М., 1957; *В. Л. Гинзбург*. Памяти Нильса Бора.— Сб. «Развитие современной физики». М., 1964; *Д. Д. Иваненко*. Развитие физики элементарных частиц.— «Вопросы философии», 1958, № 6; *его же*. О единой физической картине мира, неисчерпаемости материи и некоторых проблемах теории элементарных частиц.— «Вопросы философии», 1959, № 6; *А. А. Соколов*. К теории движения электрона с учетом вакуумных флуктуаций.— Сб. «Философские вопросы естествознания», т. II. М., 1959; *его же*. Развитие учения об элементарных частицах как познание все более глубоких объективных закономерностей микромира.— Сб. «Философские вопросы физики элементарных частиц». М., 1963; *Я. П. Терлецкий*. Динамические и статистические законы физики. М., 1950; *его же*. К вопросу о пространственной структуре элементарных частиц.— Сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц».

³¹ *М. Э. Омеляновский*. Ленин и физика XX века. М., 1947; *его же*. Философские вопросы квантовой механики. М., 1956; *Б. М. Кедров*. Энгельс и естествознание. М., 1947; *И. В. Кузнецов*. Вернер Гейзенберг и его философские позиции в физике. Предисловие к книге Вернера Гейзенберга «Философские проблемы атомной физики». М., 1953; *П. С. Дышлевой*. Эволюция понятия «физическая реальность» в современной физике.— Сб. «Философские вопросы квантовой физики». М., 1970; *С. Г. Суворов*. Критика В. И. Лениным махизма и борьба против современного «физического» идеализма.— Сб. «Философские вопросы современной физики». М., 1952; *В. С. Готт*. Философские вопросы современной физики. М., 1967; *Ю. В. Сачков*. О материалистическом истолковании квантовой механики. М., 1959; *Б. Я. Пахомов*. Объективный характер законов квантовой механики. М., 1958, и др.

являл о связи законов квантовой механики с этим принципом, тем не менее нельзя снимать со счетов тех, кто продолжает отрицать применимость принципа причинности в квантовой физике. Нельзя также игнорировать и уроки борьбы за признание истинной роли причинности в исследовании микромира.

В качестве основных доводов против принципа причинности обычно приводятся: 1) соотношение неопределенностей Гейзенберга, 2) вероятностный характер предсказаний квантовой механикой поведения микрочастиц, 3) опыты по дифракции поочередно летящих электронов. Рассмотрим эти доводы.

Соотношение неопределенностей — это фундаментальный физический закон, открытый Гейзенбергом в 1927 г. Согласно этому закону микрочастица не может находиться в состоянии, в котором бы имели определенное значение одновременно координаты и импульсы. Математически соотношение неопределенностей выражается в формуле:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar,$$

где $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, h — постоянная Планка, Δx — неопределенность координаты частицы, Δp_x — неопределенность соответствующего импульса частицы.

Гейзенберг и Бор истолковывают соотношение неопределенностей, во всяком случае в своих ранних работах, в смысле невозможности одновременно точного измерения координаты и скорости микрочастицы. Чем точнее мы измерим координату микрочастицы, тем менее точно сможем определить ее скорости, — и, наоборот, увеличения точности скорости возможно лишь за счет уменьшения точности измерения координаты.

Исходя из такого толкования соотношения неопределенностей, Гейзенберг делает вывод о беспричинности атомных явлений.

Рассуждение Гейзенберга может быть представлено в виде следующего силлогизма:

Большая посылка: Если бы мы знали состояние некоторой системы в данный момент времени, то мы знали бы ее состояние в будущем.

Малая посылка: Мы не можем одновременно точно определить координаты и скорость микрочастицы — и, следовательно, не можем знать ее начальное состояние.

Вывод: Мы не можем определить ее состояние в будущем. Другими словами, закон причинности неприменим к движению микрочастиц.

Если принять данное истолкование соотношения неопределенностей и отождествить причинность с однозначной предсказуемостью реального состояния микрочастиц, то мы должны признавать вывод Гейзенберга обоснованным.

Но возникает вопрос: насколько истинны основные посылки в рассуждении В. Гейзенберга?

Вопрос об истинном смысле соотношения неопределенностей мы рассмотрим ниже, в соответствующем месте. Что касается определения причинности, из которого исходит В. Гейзенберг, то оно далеко от диалектически-материалистической концепции. Причинные связи, по Гейзенбергу, представляют собой связи наших знаний о процессах — и именно такие связи, когда знание настоящего позволяет предсказывать будущее. Если мы, зная настоящее системы, предскажем ее будущее, то причинная связь налицо, если же мы не знаем настоящего и предсказать будущее не можем, то в этом случае нельзя говорить о существовании причинного отношения.

Из такого понимания причинности исходит Гейзенберг и в более поздних работах. Так, в статье «Изучение атома и закон причинности», опубликованной в 1954 г., он писал, что принцип причинности стал идентичным ожиданию того, что «события в природе являются однозначно определенными, что, следовательно, точное знание природы или ее определенного участка по крайней мере в принципе достаточно для того, чтобы заранее определить будущее»³².

Такое понятие причинности является, по-видимому, общепринятым среди зарубежных физиков. «Под законом причинности,— пишет английский физик Р. Е. Пайерлс,— обычно подразумевают то утверждение, что законы физики полностью определяют судьбу физической системы при условии, что вся относящаяся к делу информация о системе известна в некоторый определенный момент времени»³³.

С точки зрения научного материализма понятие причинности, которым оперируют Гейзенберг и другие физи-

³² См. «Universitäts», 1954, Hf. 3, S. 226.

³³ Р. Е. Пайерлс. Законы природы. М., 1957, стр. 205.

ки, содержит в себе два существенных недостатка. Во-первых, в нем смешан вопрос об объективной причинной обусловленности явлений с вопросом о возможности исчерпывающего познания причин какого-либо явления, на основе которого можно было предсказывать ход явлений в будущем; во-вторых, неправильно отождествляется причинная связь со связью состояний.

Согласно материалистической философии причинные связи реальных процессов существуют вне и независимо от нашего сознания, независимо от того, познали мы их или не познали, умеем ли мы на основе знания состояния того или иного объекта в настоящем предсказать его состояние в будущем, умеем ли мы отражать эту связь состояний в виде некоторого функционального отношения или нет.

Если на основе познанной причинной связи мы можем предсказать явление и практически его воспроизвести так, как оно происходит в природе, то это, конечно, доказывает причинную обусловленность этого явления. Но если мы не можем предсказать течение явления в будущем, то это еще не означает, что оно беспричинно. Это может означать, в частности, что мы еще недостаточно познали причины этого явления. В самом деле, из того, что мы не умеем предсказывать однозначно результат бросания игральной кости, вовсе не следует, что выпадание той или иной цифры, скажем шестерки, является причинно необусловливаемым. Как раз наоборот, результат каждого испытания обусловлен теми или иными причинами, носящими, однако, случайный характер.

Можно также утверждать, что невозможность однозначного предсказания координат и скорости микрочастицы в будущем не является достаточным основанием для вывода о беспричинности его движения. Невозможность однозначного предсказания состояния того или иного объекта может быть основанием для утверждения об акаузальности его поведения лишь в том случае, если будет доказано, что эта невозможность предсказания не является ни следствием недостаточно полного знания объекта, ни результатом случайного характера причинных воздействий и выражает собой абсолютно хаотический характер движения объекта. Но такого доказательства наука не дает и, на наш взгляд, в принципе не может дать ввиду неисчерпаемости материального мира.

Мы могли бы судить о характере движения объекта строго лишь в том случае, когда обладали бы исчерпывающей, абсолютно точной информацией об этом объекте и его окружении. Но в каждый данный момент наука дает лишь относительную картину вещи. В этих случаях существенное значение приобретают философские соображения.

В основе вывода о несовместимости соотношения неопределенностей с принципом причинности лежит концепция, отождествляющая каузальность с однозначной нестатистической предсказуемостью (с гносеологическим аспектом лапласовского детерминизма). Такое отождествление происходит под влиянием позитивистской философии, отрицающей объективное содержание категории причинности. Что касается материалистического понимания причинности, как объективной связи явлений, существующей независимо от познающего субъекта, то такое понимание не только не противоречит правильно понятому соотношению неопределенностей, но и служит базой для его логического обоснования.

Второй аргумент против материалистического принципа причинности также не выдерживает критики.

Верно, что квантовая механика является статистической теорией. Движение микрочастиц в квантовой механике отражается при помощи волновой функции (Ψ -функции), которая статистически выражает определенные закономерности в ее поведении. Это значит, что на основе волновой функции мы не можем, вообще говоря, точно предсказать, в какой точке пространства будет локализован электрон или с какой скоростью он будет двигаться в какой-то определенный момент времени. С помощью волновой функции мы можем лишь вычислить вероятность локализации электрона в данный момент в определенном месте пространства или вероятность того, что электрон в данный момент будет иметь определенный импульс. Величина этой вероятности определяется квадратом модуля волновой функции, которую находят из волнового уравнения (уравнение Шредингера), имеющего вид:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi,$$

где Ψ — волновая функция, $\hat{H}$ — оператор Гамильтона, i — мнимая единица $\sqrt{-1}$.

Гейзенберг считает, что статистичность квантовой механики несовместима с принципом причинности. Ведь, по

его мнению, причинность имеет место лишь тогда, когда существуют такие законы, которые на основе знания настоящего однозначно устанавливают реальное состояние частицы в будущем. Но квантовая механика в силу своей статистичности не дает таких законов. Отсюда и делается вывод, что она исключает причинность. Но, может быть, можно предположить, что за статистическими законами квантовой механики скрываются такие законы, познание которых в будущем позволило бы предсказывать будущее состояние системы по известным начальным условиям? Такая возможность, по мнению Бора и Гейзенберга, принципиально исключена вследствие существования неконтролируемого взаимодействия прибора и микрообъекта.

Как видно, рассуждения Гейзенберга о соотношении принципа причинности и статистичности квантовой механики ведутся в рамках позитивистского понимания категории причинности. Это означает, что отрицательный вывод Гейзенберга не относится к материалистическому принципу причинности, выражающему всеобщность одной из форм объективной связи явлений реального мира. Что касается утверждения Гейзенберга о том, что статистичность квантовой механики обусловлена принципиальной неконтролируемостью взаимодействия, то оно несостоятельно потому, что в природе, как мы увидим ниже, не существует контролируемости ни в онтологическом, ни в гносеологическом плане.

Таким образом, вывод Гейзенберга о несовместимости принципа причинности со статистическим характером квантовой механики не является необходимым следствием содержания самой науки, а обусловлен прежде всего позитивистскими взглядами ученого на причинность.

Сторонники индетерминизма в современной физике ссылаются также на опыты по дифракции поочередно летящих электронов. В этих опытах электроны последовательно проходят через узкое отверстие, встречают экран и дают вспышку.

Уже то, что электроны, взаимодействуя с экраном, вызывают определенный физический эффект, свидетельствует о том, что существует причинная связь между взаимодействием электрона с экраном и изменением того и другого. Но оказывается, что даже в том случае, когда электроны находятся в одинаковых макроскопических условиях, наблюдаются вспышки в разных точках экрана. На-

пример, один электрон дает вспышку в точке *A*, другой в точке *B*.

Можно подумать, что в области механического движения микрочастиц наблюдается такая ситуация, когда одинаковые причины при идентичных условиях вызывают, в известных пределах, разные следствия. Такой вывод мог бы быть сделан, если бы было доказано, что состояние летящих электронов и условия их движения являются абсолютно одинаковыми. Однако современная наука таких доказательств не дает. Более того, можно утверждать, что обстановка движения последовательно летящих электронов, одинаковая с макроскопической точки зрения, вовсе не одинакова, если учитывать глубинные материальные структуры.

Окружение электрона (диафрагма, экран и т. п.) само имеет сложную микроструктуру — состоит из протонов, нейтронов, электронов, находящихся в движении, изменении. Отсюда ясно, что условия движения первого электрона в действительности отличаются от условий движения второго, третьего и т. д. Возможно также, что в понятие условий движения электрона следует включить всю совокупность его взаимодействий со всеми микрочастицами мира. Следует принять во внимание неисчерпаемость структуры электрона и его материального окружения.

Конечно, подобного рода предположения нуждаются в своем естественнонаучном обосновании. Но, как бы там ни было, у нас нет сейчас достаточных оснований для утверждения, что в микромире одинаковые причины при идентичных условиях производят разные следствия, и на основе этого говорить о беспричинности атомных явлений.

Можно лишь утверждать, что модель взаимодействия микрочастицы с макроскопическим объектом, принятая в квантовой механике, носит статистический характер. Это значит, что в этой модели результат взаимодействия частицы с макротелом не будет однозначным, как бы точно мы ни определяли начальное состояние системы, состоящее из макротела и микрочастицы. Хотя на основе таких модельных представлений удастся описать в квантовой механике целый ряд явлений, которые оказываются не под силу классической физике с ее жестким детерминизмом, однако это не может быть достаточным основанием для отождествления этих представлений с самой объективной реальностью. Известно, например, что на основе представ-

ления о космическом снаряде как материальной точке, обладающей конечной массой, но не имеющей пространственных размеров, удастся достаточно точно рассчитать траекторию его полета, однако это отнюдь не означает, что снаряд на самом деле не имеет пространственных размеров. Но из этого не следует необходимый вывод, что в микромире реальные процессы происходят так, что одинаковые взаимодействия порождают разные следствия.

Конечно, если в дальнейшем будет строго доказано, что в микромире реализуется такая ситуация, что одинаковые условия сопровождаются различными явлениями, то в таком случае нам придется обобщить понятие причинности так, чтобы оно включало в себя и представление о неоднозначности связи причины и следствия при строго фиксированных условиях. Такое доказательство может быть получено на основе философского рассмотрения данных науки и практики.

Далее. Если даже допустить, что на уровне квантово-механического описания можно абстрагироваться от вариации условий движения электронов, то и в этом случае нельзя прийти к выводу, что их движение беспричинно, что частицы обладают абсолютной «свободой воли».

В самом деле, если пропустить через отверстие диафрагмы одновременно или последовательно большое число электронов, то на фотопластинке, играющей роль экрана, будет наблюдаться обычная дифракционная картина: светлые и темные кольца.

Электроны появляются в темных полосах экрана и не обнаруживаются в светлых. Стало быть, частицы не обладают абсолютной свободой выбора, им «запрещено» появляться в светлых кольцах.

Если теперь через эту же щель пропустить другую совокупность электронов, испускаемых тем же источником, то на экране мы будем наблюдать ту же самую картину. Таким образом, если движение индивидуального электрона на данном уровне познания нам представляется относительно индетерминированным, то движение совокупности электронов строго причинно обусловлено и ее состояния необходимо детерминированы.

В области микромира движение индивидуальной частицы относительно квантово-механических законов обладает относительной «свободой», поведение же совокупности частиц строго причинно обусловлено, детерминировано.

Не исключено, что отклонение движения индивидуальной частицы от законов поведения совокупности частиц причинно обусловлено, хотя оно и не выражается законами квантовой механики. Для проверки этих предположений, по-видимому, необходимо было бы учесть действие более глубоких причинных факторов, обуславливающих движение микрочастиц.

Нельзя игнорировать высказывания великого ученого, мыслителя А. Эйнштейна о том, что он все еще не верит, «будто господь бог играет в кости. Если бы он хотел делать это, то сделал бы сразу вполне основательно и не придерживался бы какой-нибудь одной схемы... «Делать — так делать». Тогда бы нам не понадобилось вовсе отыскивать законы. Во всяком случае все, по-видимому, говорит против мнения о полной закономерности. Но я, не взирая ни на что, ищу ее. Если то, что я нахожу, ни на что не годится, я склонен думать, что причина не в нем, а во мне»³⁴.

Мы видим, что в основе отрицания причинной обусловленности движения микрочастицы и детерминированности ее состояний лежат или отождествление причинности с предсказуемостью, или абсолютизация современных квантово-механических представлений, имеющих, конечно, значение относительных истин. Данные современной физики не укладываются в рамки гносеологического аспекта лапласовского детерминизма, и это выдается за отрицание всякой причинности. В действительности же существует философия, которая еще до возникновения квантовой физики подчеркивала необходимость разграничения вопроса об объективности природных связей от их познаваемости, учила диалектике абсолютной и относительной истины, случайного и необходимого, возможного и действительного, вскрывала многообразие форм причинных связей и способов их отражения. Такой философией является диалектический материализм. С позиции этого материализма только и можно решить проблему причинности в современной физике.

³⁴ См. *К. Зелиг*. Альберт Эйнштейн. М., 1964, стр. 155,

«Неконтролируемое» взаимодействие и причинность

В квантовой механике оживленно обсуждается теоретико-познавательная проблема о взаимодействии атомного объекта с макроскопическим телом, в частности с измерительным прибором.

Бор считал, что «конечность взаимодействия между объектом и измерительным прибором, обусловленная самим существованием кванта действия, влечет за собой — вследствие невозможности контролировать обратное действие объекта на измерительный прибор (а эта невозможность будет непременно иметь место, если только прибор удовлетворяет своему назначению) — *необходимость окончательного отказа от классического идеала причинности...*»³⁵.

Понимание этого утверждения Бора зависит от смысла слов «неконтролируемое взаимодействие». Если этот термин означает, что реально существующее физическое взаимодействие прибора и атомной частицы не контролируется никакими законами природы, то такое понимание будет неверным, ибо все физические процессы контролируются объективными законами, в частности законами сохранения энергии, количества движения, заряда, спина и т. д. Если термин «неконтролируемое взаимодействие» толковать в том смысле, что взаимодействие атомного объекта с измерительным прибором непознаваемо, то это тоже неверно, так как все, что реально существует, в принципе познаваемо³⁶.

История естествознания учит нас, что в природе нет принципиально непознаваемых вещей, а есть лишь вещи, которые не познаны или недостаточно глубоко познаны,

³⁵. «Успехи физических наук», 1936, XVI, вып. 4, стр. 447—448 (курсив мой.— Г. С.). См. также «Dialectica», 1948, 7/8, p. 312—315; «Философские вопросы современной физики», М., 1959, стр. 177—222.

³⁶ Критический анализ концепции «неконтролируемости» проведен в работах: И. В. Кузнецов. Вернер Гейзенберг и его философские позиции в физике. Вступительная статья к книге Гейзенберга «Философские проблемы атомной физики». М., 1953, стр. 11, 12; М. Э. Омельяновский. Философские вопросы квантовой механики. М., 1956, стр. 40—48; В. А. Фок. Критика взглядов Бора на квантовую механику.— Сб. «Философские вопросы современной физики». М., 1958, стр. 65—66.

но которые будут познаны глубже в процессе поступательного развития человеческой мысли. Те же философы и естествоиспытатели, которые в той или иной степени ограничивали возможность познания явлений природы, рано или поздно попадали впросак.

Основоположник позитивизма О. Конт заявлял, что человечество, например, никогда не будет знать химический состав звезд. Но прошло несколько лет после этого заявления — и был открыт спектральный анализ, с его помощью стали изучать химический состав звезд, который в настоящее время так хорошо изучен, что о составе звезд мы знаем теперь, возможно, больше, чем о составе Земли. В течение долгого времени ряд философов-идеалистов и естествоиспытателей отрицали принципиальную возможность экспериментального исследования атома, и на основе этого некоторые ученые (например, Мах, Оствальд) еще в начале текущего века отказывали ему в реальном существовании. Но успехи в исследовании атома, позволившие определить его массу, пространственные размеры, структуру, вынудили их понять ошибочность своих концепций и признать реальность и познаваемость атомов.

Конечно, тот или иной ученый, встретившись с новыми фактами, явлениями, может спросить себя, достаточно ли у него данных, которыми он располагает, достаточны ли его теоретические представления и экспериментальные возможности для познания явлений, для вскрытия их сущности. Однако если ученый в своем исследовании явления будет исходить из признания его непознаваемости, то заранее можно сказать, что он, ограничивая свое познание, обрекает себя на неуспех.

Поэтому не случайно в последних работах Н. Бор более уже не употреблял термин «неконтролируемое взаимодействие». Он работал над совершенствованием интерпретации квантовой механики и устранял, как это отметил В. Фок, все то, что «могло бы быть истолковано как позитивизм»³⁷.

Н. Бор, в частности, признал, что неразрывность взаимодействия микрочастицы и измерительного прибора приводит к тому, что «однозначное описание собственно квантового явления должно, в принципе, включать описание

³⁷ V. Fock. Critique épistémologique de théories récentes.— «La Pensée», 1960, № 91, p. 13.

всех существенных частей экспериментальной установки»³⁸. Это явление по существу своему выражает признание того, что поведение микрообъекта однозначно определяется, так сказать, контролируется его взаимодействием с окружающими явлениями.

Разъясняя термин «неконтролируемое взаимодействие», В. А. Фок пишет: «В действительности речь идет не о физическом взаимодействии, а о чисто логическом отношении между классическим описанием аппарата и квантовым (вероятностным) описанием атомных объектов. В своем мемуаре 1958 года³⁹ Бор, кажется, принимает нашу точку зрения, так как он не употребляет более термин «неконтролируемое взаимодействие» и обращает внимание на логическую сторону отношения между аппаратом и объектом»⁴⁰.

Действительно, в квантовой механике описываются внешние условия, в которых находится объект, и результат физического взаимодействия этого объекта с измерительным прибором в понятиях классической (макроскопической) физики. Поведение же самого объекта описывается в терминах квантовой механики. Вопрос о соотношении этих двух способов отражения единого физического процесса взаимодействия прибора и атомной частицы представляет серьезную теоретико-познавательную проблему. Решить эту проблему без анализа самого физического процесса взаимодействия прибора и атомного объекта, по-видимому, невозможно. Во всяком случае, анализ взаимодействия прибора и исследуемого микрообъекта представляет серьезную философскую и физическую задачу.

Заслуга Бора в том, что он поставил эту проблему, хотя с его решением мы не можем полностью согласиться⁴¹.

Измерение действительно включает в себя процесс физического взаимодействия двух вещей или системы вещей.

³⁸ Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание. М., 1961, стр. 143.

³⁹ Речь идет, по-видимому, о статье Н. Бора «Квантовая физика и философия», опубликованной в «Успехах физических наук», 1959, LXVII, вып. I.

⁴⁰ V. Fock. Critique épistémologique de théories récentes, p. 13.

⁴¹ См. Н. Бор. Дискуссии с А. Эйнштейном о теоретико-познавательных проблемах в атомной физике.— Сб. «Философские вопросы современной физики». М., 1959.

В качестве одной вещи выступает измерительный прибор, в качестве другой — измеряемый объект⁴².

Объекты атомного масштаба — микрочастицы — очень малы. Они имеют малые размеры, малую массу, заряд и т. д. Вследствие этого они не могут непосредственно наблюдаться при помощи органов чувств. Для экспериментального изучения микрообъекта его приводят во взаимодействие с макроскопическим прибором. Прибор в процессе взаимодействия с атомным объектом изменяется так, что это изменение может фиксироваться непосредственно органами чувств и выражаться при помощи макроскопических величин. Вещь, которая в процессе взаимодействия с измеряемым объектом не претерпевает изменений, которые могли бы быть непосредственно наблюдаемы при помощи наших органов чувств, не может выступать в роли измерительного прибора. Фотографическая пластинка вместе с комплексом других аппаратов может служить прибором для исследования заряженной частицы потому, что в процессе взаимодействия происходят изменения в фотоэмульсии пластинки, которые мы можем наблюдать непосредственно. Заряженная частица, проходя через фотоэмульсию, вызывает в ней определенные физико-химические процессы, которые после проявления обнаруживаются в виде темных следов в местах, где прошла частица.

В процессе экспериментального исследования атомный объект и прибор взаимно воздействуют друг на друга и составляют единую целую систему. В результате происходит изменение не только прибора, но и измеряемого объекта. Пластинка после проявления в соответствующих местах чернеет, частица сообщает свою кинетическую энергию молекулам фотоэмульсии и замедляет свое движение.

Прибор, применяемый для исследования микрочастиц, сам является сложной системой различных взаимодействующих частиц (протонов, нейтронов, электронов и т. д.). Поэтому всякий процесс измерения микрочастицы представляет собой взаимодействие сложной системы разных микрочастиц с отдельными экземплярами данного вида частиц. Однако при исследованиях микрообъектов на современном уровне развития науки ученые абстрагируются от

⁴² См. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Квантовая механика, релятивистская теория. М., 1963, стр. 15—16.

микроструктуры измерительного прибора и рассматривают его как макроскопическое тело.

Тот факт, что прибор и частица представляют собой единую целую систему, отмечают многие ученые. «...Мы согласны с Бором,— пишет Д. Бом,— постоянно подчеркивающим фундаментальную роль прибора как неотделимой составной части наблюдаемой системы»⁴³. То же самое указывают советские авторы С. В. Вонсовский и Г. А. Курсанов: «Взаимодействие между микрообъектом и его окружением (в частности, с прибором.— Г. С.) уже не носит характера «внешней» силы, а заставляет рассматривать микрообъект и его окружение как единую систему»⁴⁴.

Утверждение о неразрывности прибора и измеряемого объекта фактически выражает мысль о диалектической природе причины, имеющей характер не одностороннего воздействия одного тела на другое, а взаимодействия, в котором оба тела (прибор и атомный объект) одновременно и активны, и пассивны.

Взаимодействие прибора с атомным объектом порождает изменение прибора и атомного объекта, поэтому взаимодействие есть причина, изменение взаимодействующих частей — следствие. Таким образом, признание взаимодействия прибора и микрочастицы по существу своему есть признание причинной обусловленности поведения микрочастицы его взаимодействием с окружением, в частности с измерительным прибором.

И если Бор все же считает, что квантовая механика несовместима с идеей каузальности, то это потому, что самую причинность Бор отождествляет с возможностью отражения движения микрочастиц в форме, принятой в классической механике. По свидетельству советского физика Л. А. Слива, Н. Бор, отвечая на его вопрос: «А признаете ли вы причинность как всеобщую взаимосвязь явлений и вещей?», говорил: «Когда я пишу о нарушении детерминизма в квантовой механике, я имею в виду причинность классической механики. Только такую

⁴³ Д. Бом. О возможности интерпретации квантовой теории на основе представления о «скрытых» параметрах, ст. 2. — «Вопросы причинности в квантовой механике», стр. 82.

⁴⁴ С. В. Вонсовский, Г. А. Курсанов. О связи динамических и статистических закономерностей в атомных явлениях. — «Вестник Академии наук СССР», 1957, № 4, стр. 33.

причинность физики знали до квантовой механики, а потому я не мог писать иначе, меня бы не поняли»⁴⁵.

В одной из своих последних статей «Квантовая физика и философия»⁴⁶ Н. Бор писал, что квантовая механика не противоречит понятию причинности в смысле связи причины и следствия и требует лишь отказа от описания причинных связей, принятых в классической физике. «Резюмируя,— отмечает он,— можно сказать, что более широкие рамки дополнительности отнюдь не означают произвольного отказа от идеала причинности. Понятие дополнительности непосредственно выражает наше положение в вопросе об отображении фундаментальных свойств материи, которые считались подлежащими классическому физическому описанию, но оказались вне пределов его применимости»⁴⁷.

Признание причинной обусловленности микропроцессов хорошо выражает представление о том, что поведение микрообъекта определяется взаимодействием его со всеми элементами окружения, в частности со всеми частицами измерительного прибора. В соответствии с этим для однозначного описания поведения микрочастицы необходимо, в принципе, учесть взаимодействие этой частицы со всеми объектами окружения, в том числе со всеми частицами экспериментальной установки.

Сторонники ортодоксальной интерпретации квантовой механики считают, что взаимодействие атомного объекта с прибором создает непреодолимые трудности для разделения взаимодействующей системы на объект исследования и измерительный прибор. Вследствие этого лишено-де смысла понятие свойства атомного объекта самого по себе. Гейзенберг, например, утверждает, что в квантовой физике невозможно провести строгое разделение микрообъекта и прибора.

Насколько обоснованы эти утверждения?

Поведение микрочастицы зависит не только от свойств измерительного прибора, но и от ее внутренней природы. Внешнее воздействие прибора преломляется через внутреннюю природу микрочастиц. Если бы свойства микрочастицы зависели исключительно от прибора, то поведение

⁴⁵ Л. А. Слив. Три встречи с Нильсом Бором.— Сб. «Развитие современной физики». М., 1964, стр. 47.

⁴⁶ «Успехи физических наук», 1959, LXVII, вып. 1, стр. 37—42

⁴⁷ Там же, стр. 42.

разных атомных объектов, например электрона и позитрона, было бы одинаковым при взаимодействии с одинаковыми приборами. Однако в действительности наблюдается, что электроны и позитроны ведут себя по-разному в одинаковых условиях. В камере Вильсона, помещенной в магнитном поле перпендикулярно направлению движения частиц, электрон и позитрон отклоняются в противоположные стороны. Современная физика это объясняет тем, что эти частицы обладают разными *внутренними свойствами* — электрон имеет отрицательный заряд, позитрон — положительный.

Поведение прибора при взаимодействии с измеряемым объектом также зависит не только от внутренней природы прибора, но и от свойств измеряемого объекта. Один и тот же прибор, например фотопластинка, претерпевает различные изменения при взаимодействии с различными атомными объектами (например, электроном и протоном). Таким образом, в эффекте, возникающем в приборе при его взаимодействии с вещью, проявляется не только внутренняя природа вещи, но также и внутренние свойства прибора. Для того чтобы познать внутренние свойства вещи, необходимо логически разложить причину, породившую определенное изменение в приборе, на две части: на часть, которая обусловлена *внутренней природой прибора*, и часть, которая определена *внутренними свойствами вещи*.

Часть причины, лежащая во внутренней природе вещи, составляет ее внутреннее основание. Часть причины, лежащая во внешней природе воздействующего предмета, есть внешнее основание.

Задача науки состоит в том, чтобы вскрыть внутреннее основание изменения вещи. «Все изменения, происходящие с телами,— писал еще Эйлер,— имеют свое основание в сущности и в свойствах самих тел» ⁴⁸.

Законы науки выражают внутренние свойства вещей, проявляющиеся в их взаимодействии с другими телами. Для познания закона, сущности вещи необходимо найти внутреннее основание ее изменений, происходящих при взаимодействии с другими вещами.

⁴⁸ L. Euler. Opera postumo. Physica, Anleitung zur Naturlehre. Cap. 1, 2, Petrol, 1862, S. 450.

Это основание невозможно найти эмпирически. Эмпирически это было бы возможным сделать лишь в том случае, если бы можно было изолировать вещь и наблюдать ее движение в чистом виде, когда она в момент прекращения взаимодействия с прибором была предоставлена исключительно сама себе. Но такая изоляция невозможна не только для микропроцессов, но и для макроскопических тел. Мы не можем непосредственно наблюдать поведение ни одной вещи, которая могла бы продолжать свое движение с момента прекращения взаимодействия с прибором, независимо от всех внешних условий, развертывая только внутреннюю последовательность событий, обусловленную свойствами самой вещи.

Однако был бы ошибочным вывод, что внутренние свойства вещей принципиально непознаваемы. На помощь человеку здесь приходит метод научной абстракции. Путем абстракции, анализа человек познает сущность вещей, их внутренние законы. Законы механики Ньютона, например, явно вычлениют *внутренние* и *внешние* основания механического движения тел. Первый закон Ньютона в своей глубокой сущности выражает, что равномерное и прямолинейное движение тела в инерциальной системе отсчета имеет своим основанием внутренние свойства тела.

Открытие этого закона не есть результат эмпирического наблюдения или обобщения, а необходимый итог абстрагирующей деятельности мысли. Абстрагирование же от *внешних* связей, переход к предельному абстрактному понятию движения без внешнего сопротивления позволили Ньютону открыть закон, выражающий *внутреннее* основание механического движения.

В квантовой механике также возникает задача вскрытия внутреннего основания движения, изменения микро-скопических тел. Однако здесь дело усложняется тем, что ученые в данном случае встречаются с взаимодействием двух неравноправных объектов: микрочастицы и макроскопического прибора. Проблема сводится к тому, чтобы определить внутренние свойства частиц по тому, как изменяется макроприбор в процессе взаимодействия с этой *частицей*.

Однако это не создает непреодолимых препятствий для познания свойств микрочастиц. Современной квантовой физике удалось вскрыть такие свойства элементарных частиц, как масса покоя, заряд, спин и другие, проявляющие-

ся при взаимодействии частицы с другими объектами. При взаимодействии с различными объектами проявляются различные свойства микрочастиц. Наличие, например, у электрона элементарного отрицательного электрического заряда проявляется во взаимодействии его с частицами, имеющими электрические заряды. Масса частицы проявляется в гравитационном взаимодействии и является мерой этого взаимодействия и т. п.

Современной квантовой физике удалось вскрыть внутреннее основание для различных закономерностей поведения больших совокупностей одинаковых микрочастиц, выражающееся в существовании различных «статистик» частиц (Бозе — Эйнштейна и Ферми — Дирака). Поведение совокупности одинаковых частиц определяется спином, которым обладает каждая, из этой совокупности, частица. Поведение совокупности одинаковых частиц, каждая из которых обладает полуцелым спином $1/2$, $3/2$ и т. д., подчиняется законам Ферми — Дирака. Совокупность одинаковых частиц, если каждая из них имеет целочисленный спин (0, 1, 2 и т. д.), подчиняется статистике Бозе — Эйнштейна. Электроны, протоны, нейтроны имеют полуцелые спины, их называют фермионами, фотоны имеют спин, равный единице, и называются бозонами.

Логично предположить, что не существует никаких препятствий для познания и других свойств микрочастиц.

В естественнонаучной и философской литературе оживленно обсуждается вопрос о внутреннем и внешнем основаниях корпускулярно-волнового дуализма частиц⁴⁹. Эксперименты показывают, что при взаимодействии с одними приборами проявляются корпускулярные свойства электронов, при взаимодействии с другими — волновые, с третьими — волновые и корпускулярные одновременно. Достаточно быстрые электроны, проходя через камеру Вильсона, содержащую пересыщенный водяной пар, оставляют точечные следы конденсированного пара. В этих условиях электрон ведет себя подобно маленькой, быстро летящей частице. Если пропустить частицы сквозь пра-

⁴⁹ Анализ философского аспекта концепции корпускулярно-волнового дуализма проведен в книгах: М. Э. Омельяновский. Философские вопросы квантовой механики, стр. 35—110; Ю. В. Сачков. О материалистическом истолковании квантовой механики, стр. 49—67.

вильную кристаллическую решетку, то на экране наблюдается дифракционная картина, свидетельствующая о проявлении микрочастицами в этих условиях волновых свойств. Наконец, опыты по дифракции поочередно летящих электронов свидетельствуют о том, что существуют такие условия, когда электроны проявляют одновременно и волновые, и корпускулярные свойства. Один электрон, пройдя через дифракционную решетку, дает вспышку в одной точке экрана, что свидетельствует о проявлении им корпускулярных свойств. При пропускании большого числа поочередно летящих электронов образуется дифракционная картина, выражающая их волновые свойства. При взаимодействии поочередно летящих электронов с дифракционной решеткой проявляются одновременно и волновые, и корпускулярные их свойства.

Но что является основанием для того или иного поведения частицы? Лежит ли это основание исключительно во внутренних свойствах частицы или же оно частично лежит во внешней, макроскопической обстановке? Иначе говоря, в чем состоит сущность корпускулярно-волнового дуализма?

Выяснение этого вопроса составляет основную проблему квантовой механики, от решения которой зависит понимание специфики взаимодействия микрообъекта с макроскопическим прибором, истолкование соотношений неопределенностей и статистического характера квантовой механики.

Проблема сущности корпускулярно-волнового дуализма оживленно обсуждается в литературе, и разные авторы предлагают различные решения этой проблемы.

Первым попытался истолковать «механизм» корпускулярно-волнового дуализма Э. Шредингер. Он представил электрон в виде реального «волнового пакета», представляющего собой сложение различных волновых процессов.

Эйнштейн дал иную интерпретацию указанной проблемы. Он представил микрообъекты в виде точечных корпускул, подобных материальной точке классической механики. Подобные взгляды развивал Д. Бом в своих первоначальных набросках по так называемой причинной интерпретации квантовой механики. Волновые свойства, по Бому, есть результат взаимодействия частиц с микрообъектами, составляющими макроскопическое окружение, с разнообразными полями, возможно, наконец, с частица-

ми, составляющими нижележащий, субквантовый уровень, и т. д. Таких взглядов придерживаются также Ф. Бопп, И. Феньеш и другие физики.

Последователи интерпретации квантовой механики, предложенной Бором и Гейзенбергом, полагают, что внутреннее основание корпускулярно-волновых свойств микрочастиц не может быть найдено, так как в процессе взаимодействия частица сливается с измерительным прибором и провести между ними демаркационную линию принципиально невозможно в силу принципа «неконтролируемости». Задача, по их мнению, состоит в описании поведения микрочастиц при тех или иных макроскопических условиях. Сторонники этой точки зрения утверждают далее, что существующие экспериментальные ситуации, в которых проявляются указанные свойства микрообъектов, разделяются на два класса: на те эксперименты, в которых проявляется корпускулярная сторона дуализма, и на опыты, которые обнаруживают волновые свойства. Эти стороны дуализма они рассматривают не как выражение внутренних свойств микрочастиц, а лишь как дополнительные в том смысле, что одно представление дополняет другое до возможно исчерпывающей информации об объектах. Использование корпускулярных представлений о микрочастицах дополняет волновые представления, и, наоборот, волновая картина дополняет корпускулярную⁵⁰.

Наконец, широкое распространение получила такая интерпретация указанной проблемы, в которой ученые пытаются найти основание корпускулярно-волнового дуализма во внутренних свойствах микрообъектов. Эта идея в общей форме была высказана в 1933 г. П. Ланжевром и развита С. И. Вавиловым. Ланжевен высказал идею о необходимости синтезировать корпускулярные и волновые аспекты микрочастиц⁵¹. И. Е. Тамм подчеркивал, что «в мире микрокосма, в *одном и том же* объекте возможен синтез свойств корпускулярных и волновых свойств, прерывных и непрерывных»⁵². Эти идеи получили дальней-

⁵⁰ См. Н. Бор. Дискуссии с А. Эйнштейном о теоретико-познавательных проблемах в атомной физике.— «Философские вопросы современной физики». М., 1959, стр. 177—222.

⁵¹ П. Ланжевен. Избранные сочинения. М., 1949, стр. 356—357.

⁵² И. Е. Тамм. О работе философов-марксистов в области физики.— «Под знаменем марксизма», 1933, № 2, стр. 230.

шее обоснование в работах советских философов (М. Э. Омельяновский, И. В. Кузнецов, С. Г. Суворов и др.). *«Материя, т. е. вещество и свет,— писал С. И. Вавилов,— одновременно обладает свойствами волн и частиц, но в целом это не волны, и не частицы, и не смесь того и другого»*⁵³.

Конкретную попытку реализации идеи о единстве корпускулярных и волновых свойств микрочастиц предпринял Д. Бом в своих последних работах⁵⁴.

Хотя современная наука и не решила еще вопроса о природе корпускулярно-волнового дуализма, однако соображения о достоинствах и недостатках перечисленных интерпретаций могут быть высказаны уже сейчас.

Интерпретация Шредингера признана неудачной хотя бы потому, что она не объясняет устойчивости и целостности частиц в квантово-механических процессах. Пакеты волн расплываются в пространстве и в конце концов исчезают, в то время как частицы обладают относительной устойчивостью. Точно так же для объяснения ряда явлений, например фотоэффекта, необходимо признать целостность, неделимость частиц, в то время как волны таким свойством не обладают. Интерпретация Шредингером корпускулярно-волнового дуализма оставлена большинством физиков.

В интерпретации Бора и Гейзенберга содержится рациональная мысль о том, что корпускулярные и волновые стороны дуализма имеют внутреннее и внешнее основание и проявляются при наличии двух взаимоисключающих экспериментальных устройств. Эта интерпретация выражает также зависимость поведения микрочастицы от макроусловий. Однако эти положения концепции дополнительности значительно ослабляются тезисом о «неконтролируемом» взаимодействии атомного объекта с измерительным прибором. Познать внутреннее основание корпускулярно-волнового дуализма, по их мнению, принципиально невозможно. В действительности же все, что существует,— познаваемо; познаваемо и взаимодействие микрообъекта с макроскопическим прибором, обуславливающее то или иное поведение объекта. Конечно, для того

⁵³ С. И. Вавилов. Собрание сочинений, т. IV. М., 1956, стр. 191.

⁵⁴ См. Д. Бом. Причинность и случайность в современной физике. М., 1959, стр. 175—179.

чтобы познать внутреннее и внешнее основание поведения микрочастицы при тех или иных условиях, недостаточно одного эмпирического наблюдения.

Никакой чувственно воспринимаемой границы между этими основаниями не существует, и поэтому экспериментальные исследования сами по себе действительно никогда не могут нащупать эту «границу». Но, подобно тому, как Ньютон с помощью метода абстракции вычленил внутреннее и внешнее основания движения макроскопического тела при тех или иных внешних воздействиях, подобно этому при помощи абстракции, путем построения гипотез, моделей и т. д. может быть вскрыта та часть причины, обуславливающей поведение микрообъекта, которая лежит в его внутренней природе.

Если из интерпретации Бора — Гейзенберга корпускулярно-волнового дуализма выбросить идею о «неконтролируемости», от которой Бор в последние годы своей жизни постепенно освобождался, то эта интерпретация может быть предметом дальнейшего серьезного обсуждения.

Согласно второй интерпретации (Эйнштейн и другие) корпускулярная сторона дуализма имеет лишь внутреннее основание, волновые же свойства определяются как внутренней природой частиц, так и природой взаимодействующего с ней окружения, т. е. имеют внутреннее и внешнее основания. Против этой интерпретации может быть сделано то возражение, что она не учитывает симметрию математического аппарата квантовой механики относительно корпускулярных и волновых представлений. В то время как в математическом формализме квантовой механики корпускулярное и волновое представление равноправны и поведение частицы может быть описано в равной мере на основе тех или других представлений, в данном же взгляде на сущность дуализма корпускулярные и волновые свойства по-разному относятся к внутренней природе микрообъекта. Корпускулярные свойства определяют исключительно внутренней природой частицы, ее волновые свойства зависят также и от внешних воздействий. Правда, это возражение может быть отведено тем, что эта симметрия корпускулярно-волнового дуализма будет выражена в будущей более адекватной теории микропроцессов.

Наконец, последняя интерпретация исходит из того,

что как корпускулярные, так и волновые стороны дуализма имеют внутреннее основание и выражают внутреннюю природу частиц. Эта интерпретация хорошо выражает симметрию математического аппарата квантовой механики и диалектическую идею о единстве противоположностей, прерывного и непрерывного. С точки зрения диалектического материализма эта концепция представляется более правдоподобной. Однако не исключено, что диалектика прерывного и непрерывного в области микропроцессов может в действительности иметь другую конкретную форму, чем единство волны-корпускулы, воплощенное в атомном объекте. Все это свидетельствует о том, что вопрос о сущности корпускулярно-волнового дуализма не может считаться решенным и поэтому нуждается в дальнейшем обсуждении.

Причинность и соотношение неопределенностей

Соотношение неопределенностей (соотношение Гейзенберга) связывает неопределенность координаты с неопределенностью соответствующего импульса (скорости) микрочастицы.

Но что такое эти неопределенности? Каков их физический смысл? Являются ли они только неточностями в одновременном определении координаты и скорости микрочастицы или же они выражают нечто большее, а именно — то, что частицы объективно не имеют одновременно определенных координат и скоростей? Этот последний вопрос является не философским, а естественнонаучным и должен решаться на пути конкретного физического исследования.

Среди физиков нет единой точки зрения по этому вопросу, поэтому мы обсудим две возможные альтернативы: 1) микрочастицы не имеют одновременно координаты и скорости; 2) микрочастицы имеют одновременно координаты и скорости.

Рассмотрим первую альтернативу. Микрочастицы не имеют одновременно координаты и скорости и, следовательно, не имеют траектории наподобие траектории материальной точки.

Но в каком смысле говорят, что микрочастицы не имеют траектории?

Позитивисты, например Ф. Франк⁵⁵, считают, что микрочастице нельзя приписать траекторию, так как это понятие не имеет операционального значения, т. е. не существует ни одного действительного или мысленного эксперимента, с помощью которого можно было бы измерить все величины, характеризующие траекторию. Иначе говоря, понятие траекторного движения неприменимо к микрочастицам вследствие принципиальной ненаблюдаемости одновременно положения частиц в пространстве и их скоростей.

Прежде всего заметим, что в некоторых условиях для микрочастиц высоких энергий, например при расчете движения протонов в ускорителе, успешно пользуются понятием траекторного движения. Но если даже утверждение о несуществовании траектории у микрочастиц является истинным, то все равно с позитивистским обоснованием этого вывода нельзя будет согласиться. В самом деле, не всякое ненаблюдаемое на данном уровне развития науки не существует, хотя всякое несуществующее ненаблюдаемо. Атомы долгое время считались ненаблюдаемыми, и на основе этого некоторые естествоиспытатели и философы объявили их несуществующими. Однако дальнейшее развитие науки подтвердило реальность атомов. Поэтому факт ненаблюдаемости траектории у микрочастиц сам по себе не может быть достаточным основанием для отрицания реальности этих траекторий.

В противоположность этим взглядам советские физики (В. А. Фок, Д. И. Блохинцев, В. Л. Гинзбург и другие) считают, что микрочастицы всегда существуют в пространстве и времени, однако они не имеют траектории в классическом смысле вследствие своей объективной корпускулярно-волновой природы. Иначе говоря, траектория у микрочастиц ненаблюдаема потому, что она не существует. «Неверно думать,— подчеркивает Д. И. Блохинцев,— что современный физический эксперимент недостаточно точен для измерения одновременных значений импульса и координат микрочастиц. Напротив, точность физического эксперимента достаточно высока для доказательства того, что для микрочастиц одновременно эта пара величин не существует в природе»⁵⁶.

⁵⁵ Ф. Франк. Философия науки. М., 1960, стр. 336—340.

⁵⁶ Д. И. Блохинцев. Основы квантовой механики, стр. 489.

С точки зрения диалектического материализма вовсе не обязательно уподоблять движение микрообъекта в пространстве и времени траекторному движению материальной точки классической механики. Переход от объектов одного масштаба к объектам другого масштаба влечет за собой, вообще говоря, изменение качественных закономерностей, требует изменения старых и создания новых понятий. Поэтому можно предположить, что понятия координаты и скорости к микрочастицам неприменимы или применимы с ограничением.

По мнению В. А. Фока и Д. И. Блохинцева, соотношение неопределенностей отражает объективную, реально существующую корпускулярно-волновую природу микрочастиц. Соотношение неопределенностей, подчеркивает Блохинцев, основано в конечном итоге на уравнении де Бройля ($p = \frac{h}{\lambda}$)⁵⁷. Это значит, что если бы микрочастицы обладали только корпускулярными или только волновыми свойствами, тогда мы не имели бы в квантовой механике соотношения неопределенностей.

Вследствие своей корпускулярно-волновой природы микрочастица не подобна материальной точке классической механики и не имеет одновременно таких характеристик, как координата и скорость. Если эти характеристики (координата и скорость) и применяются в квантовой механике для отражения движения микрочастиц, то с ограничением, накладываемым соотношением Гейзенберга. Соотношение неопределенностей, подчеркивает В. А. Фок, выражает границы применимости к микрообъектам механических понятий координаты и скорости⁵⁸.

Расхождение в толковании соотношения неопределенностей между Блохинцевым и Фоком состоит в том, что первый считает, что соотношение неопределенностей отражает двойственную природу микрообъектов опосредованно, через призму статистики, в то время как Фок утверждает, что соотношение неопределенностей отражает природу индивидуальной частицы непосредственно.

⁵⁷ В этой формуле: p — импульс частицы, λ — длина соответствующей частице волны, h — постоянная Планка, деленная на 2π и равная $1,05 \cdot 10^{-27}$ эрг · сек.

⁵⁸ См. В. А. Фок. Основные законы физики в свете диалектического материализма. — «Вестник Ленинградского университета», 1949, № 4, стр. 34—47.

Противоречит ли истолкованное в духе В. А. Фока и Д. И. Блохинцева соотношение неопределенностей материалистическому принципу причинности?

Нет, не противоречит.

В самом деле, нельзя сделать вывод, что в микромире имеются беспричинные явления на том основании, что механические понятия координаты и скорости применимы к микрообъектам с ограничением, подобно тому как нельзя сделать вывод о беспричинности электромагнитных явлений на том основании, что к ним неприменимы механические понятия координаты и скорости.

Не является достаточным основанием для отрицания причинной обусловленности микропроцессов истолкование соотношения неопределенностей как некоторого статистического свойства квантово-механического ансамбля.

По Блохинцеву, соотношение неопределенностей выражает качественное отличие квантового ансамбля от ансамбля макротел. Если в ансамбле макротел отклонения импульсов и координат частиц от их среднего значения не связаны друг с другом и могут быть одновременно равными нулю, то для квантового ансамбля отклонения скоростей и импульсов от их среднего значения не могут быть одновременно равными нулю и их произведение есть величина порядка постоянной Планка.

Исходя из данной интерпретации, математически соотношение неопределенностей записывается так:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \sim h,$$

где Δx — отклонение координат частицы от ее среднего значения (рассеяние координаты), Δp_x — отклонение соответствующей составляющей импульса частицы от его среднего значения (рассеяние импульса).

Истолковываемое по Д. И. Блохинцеву соотношение неопределенностей выражает через призму статистики то, что микрочастица не может находиться в состоянии с одновременно определенными значениями координаты и скорости. Но из этого утверждения вовсе не следует, что поведение микрочастицы ничем не обусловлено.

Таким образом, соотношение неопределенностей, истолкованное как закон, отражающий в той или иной форме корпускулярно-волновую природу микрообъектов, вовсе не противоречит принципу причинности. Оно отражает определенный вид причинных связей в микропроцессах.

На основании так истолкованного соотношения неопределенностей можно заключить, что всякое пространственное ограничение частицы, ее локализация приводит к изменению ее скорости, а следовательно — и ее кинетической энергии. Это значит, что если частица пришла во взаимодействие с физическим объектом так, что он «ограничил объем», занимаемый частицей, то при этом обязательно произойдет изменение скорости (кинетической энергии частиц).

На основе соотношений неопределенностей Д. Д. Иваненко и В. Гейзенберг создали протонно-нейтронную модель атомного ядра. До того физики считали, что ядро состоит из протонов и электронов. Иваненко и Гейзенберг показали, что электрон не может находиться внутри атомного ядра. Известно, что размеры атомного ядра (r_0) порядка $\sim 10^{-13}$ см. Если бы электрон находился внутри атомного ядра, то неопределенность его координаты была бы не больше размера ядра $r_0 \sim 10^{-13}$ см. В этом случае импульс электрона должен быть не меньше, чем $\Delta p \sim \frac{\hbar}{r_0}$.

Такой импульс может иметь электрон, обладающий кинетической энергией порядка сотни миллионов электрон-вольт. Но электрон с такой энергией не может находиться в ядре, так как энергия связи частиц в ядре меньше сотни миллионов электрон-вольт.

Используя соотношение неопределенностей, удалось объяснить зависимость ферромагнитного состояния вещества от размеров тел, особенности движения электронов в сверхпроводниках, удалось предсказать существование движения в твердых телах при абсолютном нуле и т. д.

Таким образом, соотношение неопределенностей не только не отрицает существование и познаваемость причинных связей в микропроцессах, а, наоборот, является мощным орудием в руках физиков для объяснения целого ряда квантовых явлений, для вскрытия причин, их породивших, для предсказания следствий по известным причинам.

Правильно истолкованное соотношение неопределенностей не приводит также к отрицанию принципиальной возможности отражения связи состояний единичного микрообъекта в форме того или иного закона. Оно означает лишь то, что для характеристики состояния микрочастиц неприменимы одновременно понятия координаты

и скорости в той же степени, как они применяются в классической механике для характеристики состояния материальной точки. Если мы применяем для отражения движения частиц понятие координаты, то при этом в данном квантовом состоянии нельзя применять с любой точностью классическое понятие скорости, и, наоборот, если в данном состоянии микрочастица обладает определенным значением скорости, то одновременно неприменимо понятие координаты. Невозможность одновременного применения с какой угодно точностью таких величин классической механики, как координаты и скорости, обусловлена не тем, что мы не можем измерить эти величины, а тем, что сама природа микрочастиц такова, что они не имеют одновременно определенных координат и импульсов.

Соотношение неопределенностей говорит, что состояние микрочастицы должно отражаться иначе, чем состояние объекта в классической механике, а именно — для полного определения состояния микрообъекта требуется иная совокупность параметров, чем для определения состояния материальной точки классической механики. Количественная формулировка закономерной связи состояний возможна лишь в том случае, когда известны те переменные, которые определяют состояние.

Так обстоит дело с истолкованием соотношения неопределенностей на основе предположения, что микрочастицы не имеют одновременно координат и скоростей.

Другая часть физиков истолковывает соотношение неопределенностей на основе допущения, что микрочастицы имеют одновременно и координаты, и скорости.

Существование у микрочастиц одновременно координат и скоростей, а следовательно — и траектории, признавал и обосновывал А. Эйнштейн⁵⁹.

Представление о траекторном движении микрочастиц в функциональном пространстве использовал Р. Фейнман в созданном им новом подходе к описанию квантово-механических закономерностей, эквивалентном обычному формализму квантовой механики⁶⁰. Понятие траектории

⁵⁹ См., напр., А. Einstein. *Quantenmechanik und Wirklichkeit*. — «Dialectica», 1948, 7/8, S. 312.

⁶⁰ См. Р. Фейнман. Пространственно-временной подход к нерелятивистской квантовой механике. — Сб. «Вопросы причинности в квантовой механике». М., 1955.

микрочастицы использовал Г. В. Рязанов⁶¹ в своей теории квантово-механических вероятностей.

«Итак,— резюмирует А. А. Тяпкин,— сама по себе идея о существовании у частицы в каждой точке пространства определенного импульса (а следовательно — и скорости.— Г. С.) не противоречит установленным наукой данным»⁶².

Допустив, что частица на самом деле имеет координаты и скорости, мы можем истолковать соотношение неопределенностей или как выражение существования непреодолимого предела точности одновременного измерения координаты и скорости микрочастицы (В. Гейзенберг и многие другие зарубежные физики), или как временную трудность одновременного точного предвычисления координаты и скорости частицы в рамках существующей теории микропроцессов (А. Эйнштейн, Д. Бом, А. Соколов, Ф. Бопп и другие).

Рассмотрим обе эти концепции. Послушаем сначала, как истолковывает соотношение неопределенностей сам В. Гейзенберг. «Установлено,— пишет он,— что невозможно измерить с желаемой точностью в одно и то же время положение в пространстве и скорость движения атомных частиц. Если можно очень точно измерять положение частицы в пространстве, то в этом случае благодаря воздействию измерительных приборов становится в известной степени неопределенным знание скорости частицы — и, наоборот, становится неопределенным знание положения частицы в пространстве, если точно измерена скорость частицы, так что произведение обеих неточностей имеет своей нижней границей постоянную Планка»⁶³.

Подобное истолкование соотношения неопределенностей дает В. Гейзенберг и в более поздних работах. «...Соотношение неопределенностей квантовой теории,— пишет он,— устанавливает жесткую границу точности,

⁶¹ См. Г. В. Рязанов. Квантово-механические вероятности как суммы по путям.— «Журнал экспериментальной и теоретической физики», 1958, 35, вып. 1.

⁶² А. А. Тяпкин. О возможности дальнейшего развития совместного координатно-импульсного представления квантовой механики.— Сб. «Философские проблемы элементарных частиц». М., 1963, стр. 262.

⁶³ «Universitäts», 1954, Hf. 3, S. 230.

с которой могут быть одновременно измерены координаты и импульсы или моменты времени и энергии»⁶⁴.

В основе такого истолкования соотношения неопределенностей молчаливо лежит предположение, что микрочастица, подобно материальной точке классической механики, имеет одновременно определенные координаты и скорости.

Это предположение противоречит принципу дополнительности, которого придерживается Гейзенберг и согласно которому лишены смысла утверждения, касающиеся свойств микрочастицы самой по себе. Вопреки принципу дополнительности он отождествляет микрочастицу с материальной точкой классической механики, т. е. переходит с позиции дополнительности на точку зрения той интерпретации корпускулярно-волнового дуализма, которая считает, что корпускулярные свойства частицы присущи ей сами по себе. Это свидетельствует о логической непоследовательности «копенгагенской» точки зрения на квантовую механику.

Неточности в одновременном определении координаты и импульса (скорости) микрочастицы, по Гейзенбергу, носят абсолютный и принципиальный характер. Никакие усовершенствования приборов и теории измерения не могут привести к повышению предела точности одновременного измерения таких сопряженных величин, как координата и импульс.

Для философского обоснования этого непреодолимого предела знания Н. Бор и выдвинул так называемую концепцию «неконтролируемого взаимодействия измерительного прибора и измеряемого микрообъекта».

Выше было показано, что не существует в природе никакой «неконтролируемости» ни в онтологическом, ни в гносеологическом плане, поэтому эта концепция не может быть положена в основу интерпретации какой-либо естественнонаучной теории.

Если микрочастицы действительно имеют одновременно координаты и скорости, то соотношение неопределенностей следовало бы истолковывать как предел точности одновременного измерения этих величин на основе существующей теории микропроцессов (квантовой механики). И подобно тому, как предшествующее развитие фи-

⁶⁴ В. Гейзенберг. Физика и философия. М., 1963, стр. 133.

зической теории приводило к увеличению точности измерения пространственных размеров, времени и других величин, дальнейшее развитие физики создает возможность в принципе для более точного измерения пары сопряженных величин — координаты и скорости микро-частицы. Но и эта новейшая теория не даст возможности для «абсолютно» точного измерения, она будет иметь свои пределы неточности. Абсолютно точное знание есть предел, к которому стремится наука в процессе бесконечно-го движения познания природы.

На основе того, что современная квантовая механика не дает способа, при помощи которого можно было бы одновременно точно измерять координаты и скорости частицы, Эйнштейн делал вывод о неполноте квантовой механики. Он не исключал принципиальную возможность построения теории, которая бы позволила определить координаты и скорости микрочастицы.

Конкретную попытку истолкования квантовой механики вообще, соотношения неопределенностей в частности, на основе предположения о существовании у микро-частиц одновременно координат и скоростей предпринял Д. Бом.

«...Соотношение неопределенностей,— пишет он,— все же имеет место как практически неизбежное ограничение точности опыта. Но это ограничение не связано органически со всем нашим пониманием теории. Так, если несколько изменить математический формализм теории..., то одновременное сколь угодно точное измерение координаты и импульса частицы окажется в принципе возможным»⁶⁵.

Здесь нам хотелось бы сделать два замечания.

Первое. Достижение сколь угодно точного измерения координаты и импульса частицы возможно (если, разумеется, эти величины существуют) лишь в процессе бесконечного движения человеческого познания. На каждом данном уровне развития науки измерение этих величин имеет свой, хотя и подвижный, предел. Это непосредственно следует из диалектики относительного и абсолютного в познании.

⁶⁵ Д. Бом. О возможности интерпретации квантовой теории на основе представления о «скрытых» параметрах, ст. 2.— Сб. «Вопросы причинности в квантовой механике». М., 1955, стр. 65.

Такое представление не противоречит также современной теории информации. Согласно «принципу негэнтропии информации»⁶⁶, для получения некоторого конечного количества информации о свойствах какого-либо объекта необходимо израсходовать соответствующее конечное количество энергии. Для достижения большей точности измерения этой величины, т. е. для получения большего количества информации, необходимо израсходовать большее количество энергии. Абсолютная точность измерения требует затраты бесконечно большого количества энергии, что недостижимо в любой конечный момент времени.

Любая лаборатория, обладающая некоторым конечным количеством энергии, имеет возможность измерить какую-либо величину, характеризующую объект, например его линейные размеры, с точностью, соответствующей этому количеству энергии. Измерение все более коротких расстояний (например, меньше 10^{-13} см) требует все более и более быстро возрастающих количеств энергии.

Теория информации не исключает также принципиальной возможности измерения координаты и скорости частицы с точностью, превосходящей соотношения неопределенностей, ценой израсходования достаточно большого количества энергии. Для абсолютно же точного одновременного измерения этих величин потребовалось бы бесконечно большое количество энергии. Это является выражением того, что абсолютно точное измерение координаты и одновременно скорости у микрочастицы невозможно в каждый данный момент времени.

Второе. Признание того, что состояние механического движения микрочастиц, хотя бы в некоторых случаях, можно характеризовать такими величинами, как координата и скорость, еще не означает отождествления частицы с материальной точкой классической механики.

Понятие материальной точки есть абстракция, которая применима тогда, когда можно пренебречь размерами и структурой объекта при описании его движения. Возможность такой абстракции зависит от конкретных условий. Даже в макроскопической области при одних условиях

⁶⁶ Л. Бриллюэн. Научная неопределенность и информация. М., 1966; его же. Теория информации и ее приложение к фундаментальным проблемам физики.— «Развитие современной физики». М., 1964, стр. 324—329.

тела могут рассматриваться как материальные точки, при других не могут. Планета, например, может считаться материальной точкой при изучении ее движения вокруг Солнца, но, конечно, не при рассмотрении ее суточного вращения. Поэтому вопрос состоит в том, можно ли при изучении движения микрочастиц в пространстве абстрагироваться от их волновых свойств и внутренней структуры и рассматривать их как корпускулярные, бесструктурные образования?

В отличие от многих советских физиков и философов Д. Бом полагает, что при изучении механического движения микрочастиц можно не учитывать их внутреннюю структуру и рассматривать их как материальные точки классической механики.

Попытку обоснования соотношения неопределенностей на основе модельного представления о микрочастице как корпускуле предпринял советский физик А. А. Соколов. «Мы,— пишет он,— имеем все основания считать, что электрон представляет собой частицу, обладающую определенными размерами (напомним, что радиус электрона равен 10^{-13} см), зарядом, массой (10^{-27} г), спином и т. д. Траекторию электрона можно сфотографировать в камере Вильсона»⁶⁷.

Соотношение неопределенностей, указывает А. А. Соколов, следует рассматривать как проявление волновых свойств частиц. Волновые свойства частиц, например электрона, по его мнению, есть результат взаимодействия электрона с флуктуациями поля фотонов и электронно-позитронного вакуума. На основе этих и некоторых других физических соображений он получил математическую форму соотношения неопределенностей⁶⁸.

Попытку обоснования соотношения неопределенностей на основе представления о траекторном движении микрочастиц предприняли И. Феньеш, Ф. Бопп и другие физики.

«Соотношение Гейзенберга,— пишет И. Феньеш,— ни в коей мере не исключает возможности одновременного сколь угодно точного измерения координаты и скорости

⁶⁷ А. А. Соколов. К теории движения электрона с учетом вакуумных флуктуаций.— «Философские вопросы естествознания». М., 1959, стр. 28—29.

⁶⁸ А. А. Соколов. Введение в квантовую электродинамику. М., 1958, стр. 139—145.

(или импульса) частицы»⁶⁹. «Мы показали,— заявляет Ф. Бопп,— что можно представить квантовую систему как ансамбль Гиббса в пространстве фаз — и, следовательно, говорить об объективности частиц»⁷⁰.

Следует, однако, отметить, что концепция Д. Бома и близкие к ней представления носят в значительной мере гипотетический характер и нуждаются в дальнейшем теоретическом и экспериментальном обосновании. Для их проверки было бы важно получить различные логические следствия из этих представлений и проверить эти следствия на опыте. Большое значение имело бы решение естественнонаучного вопроса о существовании у микрочастиц одновременно координат и скоростей независимо от соотношения неопределенностей. Что касается принципа причинности, то он не противоречит истолкованию соотношения неопределенностей в духе Д. Бома.

В самом деле, принципу причинности может противоречить лишь утверждение, что существует хотя бы одно явление, возникающее без причин. Однако такое суждение не содержится в соотношении, истолкованном по Бому. Из утверждения о невозможности абсолютно точно измерить координату и скорость микрочастицы на основе существующей квантовой теории не следует, что поведение частицы беспричинно, что испытываемые ею взаимодействия не обуславливают ее движения.

Из соотношения неопределенностей, истолкованных по Бому, вытекает лишь, что в рамках квантовой механики невозможно однозначное предсказание поведения микрочастицы в будущем (отрицание лапласовского детерминизма в его гносеологическом аспекте) вследствие невозможности точного определения ее начального состояния координаты и скорости). Но невозможность точного предсказания реального состояния объекта в будущем не отрицает, как мы уже не раз говорили выше, причинную обусловленность его поведения и онтологическую детерминированность его состояний. Ведь из того, что мы не умеем на данной стадии развития науки абсолютно точно предсказывать падение яблока с яблони, вовсе не следует,

⁶⁹ И. Феньеш. Теоретико-вероятностное обоснование и истолкование квантовой механики.— Сб. «Вопросы причинности в квантовой механике». М., 1955, стр. 256.

⁷⁰ «Annales des le l'Institut H. Poincaré», t. XV, 1956, p. 101.

что это явление беспричинно или что начальное состояние падения яблока при данных условиях не детерминирует его последующие движения.

Итак, истолкование соотношения неопределенностей как по В. А. Фоку, так и по Д. Бому не противоречит принципу причинности. Необходим дополнительный естественнонаучный и философский анализ, чтобы решить вопрос о достоинствах и недостатках этих интерпретаций. Истолкование же соотношения неопределенностей в духе «принципиальной неконтролируемости» является несостоятельным.

Так обстоит дело с истолкованием соотношения неопределенностей и его связью с принципом причинности.

Статистичность квантовой механики и «скрытые параметры»

Квантовая механика является статистической теорией. Движение микрочастицы в квантовой механике отражается при помощи волновой функции (ψ -функции), которая статистически выражает закономерности поведения частицы. Это значит, что на основе волновой функции мы не можем, вообще говоря, точно предсказать в какой точке пространства будет локализован электрон или с какой скоростью он будет двигаться в тот или иной момент времени. С помощью волновой функции мы можем лишь вычислить вероятность нахождения электрона в данный момент в определенном месте пространства или вероятность того, что электрон в данный момент будет иметь определенный импульс. Величина вероятности нахождения электрона в определенной точке определяется квадратом модуля волновой функции $[\psi(x, y, z)]^2$, которую находят, решая волновое уравнение (уравнение Шредингера), имеющее вид:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \hat{H}\psi,$$

где ψ — волновая функция; $\hat{H}$ — оператор Гамильтона.

Статистическое истолкование современной квантовой механики является общепринятым среди физиков. Разногласия возникают по вопросу о природе статистичности квантовой механики, об отношении статистических законов квантовой физики к однозначным (динамическим) законам и к принципу причинности.

Возможно ли выразить связь реальных состояний микрообъекта в форме динамического закона? Не противоречит ли статистичность квантовой механики принципу причинности?

Эти вопросы горячо обсуждаются в физической и философской литературе, вокруг них происходят особенно жаркие дискуссии.

Согласно интерпретации, в свое время предложенной Бором и Гейзенбергом и ставшей ортодоксальной, статистический характер квантовой механики имеет своим основанием «неконтролируемость», взаимодействия микрочастицы и измерительного прибора, в результате чего нельзя-де одновременно точно измерить координату и скорость частицы, а поэтому нельзя однозначно предсказать ее состояние в будущем. Можно лишь говорить о вероятности того или иного поведения частицы. Принципиально неконтролируемая часть взаимодействия, подчеркивал В. Гейзенберг, является «причиной появления статистических законов природы в квантовой механике» ⁷¹.

Несостоятельность концепции «неконтролируемости» была убедительно раскрыта в работах советских ученых, о чем мы говорили выше. Поэтому она не может быть основой для решения вопроса о статистической природе законов квантовой физики.

В последние годы Бор и Гейзенберг под влиянием критики копенгагенской интерпретации уточняли свои формулировки, касающиеся квантовой механики вообще, статистического характера ее закономерностей в особенности.

Н. Бор признает, что «однозначное описание собственно квантового явления должно, в принципе, включать описание всех существенных частей экспериментальной установки» ⁷².

Здесь он молчаливо допускает, что взаимодействие атомного объекта со всеми элементами измерительного устройства необходимо детерминирует поведение этого объекта. Ведь если бы в природе не было необходимой детерминированности явлений, то нечего было бы и говорить об однозначном описании. Не исключая причин-

⁷¹ В. Гейзенберг. Философские проблемы атомной физики. М., 1953, стр. 8.

⁷² Нильс Бор. Атомная физика и человеческое познание. М., 1961, стр. 143.

ную обусловленность квантовых явлений, Н. Бор вместе с тем отрицает, в принципе, возможность построения однозначной картины этих явлений. Дело в том, что человек может воспринимать своими органами чувств только макроскопические эффекты, вследствие чего измерительный прибор или во всяком случае его регистрирующая часть должны описываться в терминах макроскопической физики, абстрагируясь от квантовых явлений. С другой стороны, информация о квантовых чертах явления должна выводиться из этого макроскопического эффекта, наблюдаемого человеком.

Повторение одного и того же опыта, в котором экспериментальная установка описывается макроскопически, дает, вообще говоря, разные отсчеты, относящиеся к объекту. Этот факт, подчеркивает Н. Бор, приводит к тому, что обобщающая формулировка полученных из опыта результатов в этой области должна выражаться в форме статистических (вероятностных) законов⁷³.

Таким образом, Бор, с одной стороны, как будто не отрицает причинной обусловленности поведения микрочастицы ее взаимодействием с элементами прибора, а с другой — считает, что это взаимодействие не может быть подробно описано вследствие макроскопичности наших чувств и поэтому выражение в физике связи состояний атомных объектов по необходимости носит статистический (вероятностный) характер.

И эти взгляды Бора на квантовую механику, на наш взгляд, не свободны от дискуссионных моментов. Хотя действительно человек представляет собой макроскопическое тело и непосредственно наблюдает лишь макроскопические эффекты, однако это не может быть и не является принципиальным препятствием для познания микромира. Путем теоретического мышления на основе практического отношения к природе человек познает ее. Конечно, исчерпывающее, абсолютное знание природы невозможно в каждый данный период развития науки, но оно осуществляется, как мы уже не раз говорили, как тенденция бесконечного научного прогресса, выражающего диалектику абсолютной и относительной истины.

В последних работах В. Гейзенберг, так же как и Бор, утверждает, что статистический характер квантовой тео-

⁷³ См. Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание, стр. 143.

рии обусловлен тем, что, с одной стороны, «мы должны описывать эксперименты в понятиях классической физики, и с другой... — эти понятия не точно соответствуют природе» ⁷⁴.

Критикуя кантовский априоризм, Гейзенберг рассматривает вопрос о соотношении статистичности квантовой механики и закона причинности.

Известно, говорит он, что квантовая физика не дает предсказания о времени излучения радиоактивным атомом альфа-частицы. На основе опытных данных физик может утверждать, что в среднем излучение имеет место приблизительно раз в 2000 лет. Возникает вопрос: существуют ли причины, которые необходимо детерминируют время излучения данной альфа-частицы радиоактивным атомом?

На этот вопрос, по мнению Гейзенберга, можно дать два ответа:

Первый. Не существует причины, которая бы с необходимостью определяла время данного излучения.

Второй. Существуют причины, ответственные за α -распад, но эти причины мы знаем неточно.

«Если мы хотим знать причину, — продолжает В. Гейзенберг, — почему α -частицы излучаются именно в этот момент, то, по-видимому, должны для этого знать микроскопическое состояние всего мира, к которому мы и сами принадлежим, а это, по-видимому, невозможно» ⁷⁵.

В. Гейзенберг считает, что каждый из этих возможных ответов совместим с признанием статистичности квантовомеханического описания. Для нас важно подчеркнуть, что, по Гейзенбергу, статистический характер квантовой механики не исключает возможность причинного объяснения микропроцессов. Это важный момент в эволюции его взглядов. Однако он считает, что полностью познать все причины, обуславливающие движение микрообъекта, невозможно, так как для этого надо познать взаимодействие данного объекта со всеми микрочастицами мира. Мы сказали бы, что не существует никаких принципиальных пределов для познания микроструктуры мира, а лишь существует подвижная граница между знанием и незнанием, которая все более отодвигается в сторону познания, асимптотически приближаясь к границе абсолютного знания.

⁷⁴ В. Гейзенберг. Физика и философия. М., 1963, стр. 35.

⁷⁵ Там же, стр. 65.

С точки зрения научного материализма, кажется естественным отвергнуть первую альтернативу Гейзенберга (предположение, что микропроцессы не обусловлены никакими причинами) и принять вторую альтернативу (предположение, что любой микропроцесс причинно обусловлен).

Если первое альтернативное решение сковывает мысли ученого, отвергает возможность и необходимость поиска глубинных факторов, обуславливающих движение микрочастицы, останавливает физику на данном уровне феноменологического описания, то второе альтернативное решение — побуждает физика искать факторы, определяющие движение микрочастиц, и на основе их строить теорию, которая не только бы описывала, но и объясняла их движение.

Следует оговорить, что принятие этой альтернативы вовсе не означает, что перед физикой ставится задача однозначного описания связи состояний частицы. Это, по-видимому, невозможно на каждом конечном этапе развития науки. Но признание этой альтернативы означает, что всякий раз, когда это необходимо, можно указать причину того, что электрон движется так, а не иначе, подобно тому как мы объясняем причины хаотического движения броуновской частицы.

Сторонники копенгагенской школы иногда говорят, что предположение о причинной обусловленности движения микрочастиц противоречит теореме фон Неймана о «скрытых» параметрах.

Нейман исследовал вопрос: возможно ли найти такие величины, «скрытые параметры», дополняющие волновую функцию, с помощью которых можно было бы однозначно описывать поведение каждой микросистемы.

Если скрытые параметры существуют, то это бы свидетельствовало о том, что в основе статистических законов квантовой механики лежат детерминистические в смысле Лапласа законы, подобно тому как в основе статистических законов классической физики лежат динамические (одно-однозначные) законы.

Хорошей иллюстрацией подобного рода статистических теорий является кинетическая теория газов. В этой теории состояние некоторого достаточно большого объема газа описывается заданием температуры и давления, которые являются определенной, сложной функцией параметров, ха-

рактизирующих состояние молекул газа, рассматриваемых как материальные точки классической механики. О движении молекул теория дает лишь статистические (вероятностные) утверждения. Однако теория не исключает принципиальную возможность однозначных, детерминистических предсказаний.

В одном моле (32 г) кислорода содержится, например, $6 \cdot 10^{23}$ молекул, каждая из которых состоит из двух атомов кислорода. Внутренней структурой этих атомов мы можем пренебречь и можем рассматривать их как материальные точки с тремя степенями свободы у каждой. Тогда всю массу данного газа мы можем рассматривать как некоторую механическую систему с $2 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 10^{23} = 36 \cdot 10^{23}$ степенями свободы. Зная все параметры ($2 \cdot 36 \cdot 10^{23}$), мы могли бы в принципе однозначно описать поведение этой системы. Не подобная ли ситуация имеет место в квантовой механике?

Нейман пришел к отрицательному выводу. Статистический характер квантовой механики в принципе отличается от статистического характера классической физики, т. е. в квантовую механику «введение скрытых параметров заведомо невозможно...»⁷⁶.

Этот вывод Нейман обосновывает тем, что предположение о существовании «скрытых параметров» противоречит квантово-механическим правилам вычисления вероятностей. Квантовая механика должна бы оказаться объективно ошибочной, чтобы стало возможным другое описание элементарных процессов, отличное от статистического⁷⁷.

Рассуждения Неймана критически рассматривались де Бройлем⁷⁸, Д. И. Блохинцевым⁷⁹, Д. Бомом⁸⁰, П. Фейербендом^{80a} и другими учеными.

⁷⁶ *Фон Нейман*. Математические основы квантовой механики. М., 1964, стр. 158.

⁷⁷ Там же, стр. 241.

⁷⁸ *Луи де Бройль*. Останется ли квантовая механика индетерминистической? — «Вопросы причинности в квантовой механике», стр. 26—28.

⁷⁹ *Д. И. Блохинцев*. Критика философских воззрений так называемой «Копенгагенской школы» в физике. — «Философские вопросы современной физики». М., 1962, стр. 379.

⁸⁰ *Д. Бом*. О возможности интерпретации квантовой теории на основе представления о «скрытых» параметрах, ст. 2. — «Вопросы причинности в квантовой механике», стр. 81—83.

^{80a} *Р. К. Фейерabend*. Eine Bemerkung Zum Neumannschen Beweis, «Z. Phys.», 1956, 145, № 4, S. 421—423.

Д. И. Блохинцев подчеркивает, что в своих рассуждениях Нейман базируется на квантовой механике. Между тем, если «скрытые параметры» существуют, то они лежат вне компетенции квантовой механики. Аналогичные возражения делает Д. Бом. Он указывает, что теорема Неймана не имеет силы по отношению к теориям, выходящим за рамки квантовой механики, «ибо в данном случае мы отказываемся от существенного, необходимого для доказательства теоремы предположения о неограниченной применимости квантовой теории в ее современной форме»⁸¹. Теорема Неймана говорит о том, что, оставаясь в рамках квантовой механики, невозможно учесть влияние измерительного прибора на микрочастицу и поэтому невозможно подсчитать одновременно точно значение таких параметров, как координаты и скорости частицы. Вопрос же о возможности теории, выходящей за рамки квантовой механики, которая позволила бы учесть скрытые параметры, остается открытым в теореме Неймана.

По-видимому, с этим нельзя не согласиться.

На основе современной квантовой механики действительно невозможно построить теорию, которая бы однозначно описывала связь состояний микрообъектов. Но квантовая механика, как всякая естественнонаучная теория, является не абсолютной, а относительной истиной. Поэтому не исключено, что дальнейшее развитие физики откроет принципиальные возможности причинного объяснения поведения микрообъектов, не отрицая статистичности квантово-механического описания. Теория Неймана не может распространяться на возможные физические теории, выходящие за рамки квантовой механики.

Из этого следует, что теорема Неймана не может рассматриваться как достаточное основание для отрицания причинной обусловленности микропроцессов. Сам автор⁸² признает, что «было бы преувеличением утверждать, что тем самым с причинностью покончено: несомненно, что квантовая механика в ее нынешнем состоянии остается еще неполной, и могло бы даже оказаться, что она ошибочна, хотя последнее и представляется совершенно невероятным в свете ошеломляющих возможностей, предоставляе-

⁸¹ «Вопросы причинности в квантовой механике», стр. 83.

⁸² *Фон Нейман*. Математические основы квантовой механики, стр. 243.

мых ею для понимания общих проблем и для численного расчета конкретных».

Теорема фон Неймана, по существу, оставляет открытым вопрос о причинной обусловленности объективных микропроцессов и онтологическом существовании «скрытых параметров».

И. Яух и К. Пирон⁸³ в последнее время предприняли попытку обобщения теоремы Неймана. Они вводят общее определение квантовых состояний, опирающееся на аппарат теории структур, и получают на основе этого ряд математических следствий, одно из которых рассматривается как обобщение теоремы Неймана о невозможности «скрытых параметров».

Однако и это более общее доказательство не представляется исчерпывающим. Оно также строится на определенных предположениях о квантово-механических состояниях и поэтому может не иметь силы по отношению к теориям, основанным на других, более общих предположениях. Вообще, кажется невозможным чисто математически доказать принципиальную возможность или невозможность существования «скрытых параметров». Всякое такое доказательство строится в рамках тех или иных естественнонаучных представлений, имеющих, конечно, значение относительных истин. Доказательство причинной обусловленности или необусловленности микропроцессов может быть получено лишь на основе обобщения всей совокупности данных безгранично прогрессирующей науки и практики.

Статистичность квантовой механики и причинность

Неудовлетворенность концепций «неконтролируемости» побуждает ученых искать объяснение статистичности квантовой механики на основе признания объективности, познаваемости и причинной обусловленности микропроцессов.

В рамках этого подхода существует по крайней мере три естественнонаучных попытки объяснения природы статистичности квантовой механики и отношения ее к принципу причинности.

⁸³ I. M. Ioch, C. Piron. Can hidden variables be excluded in quantum mechanics.— «Helv. v. Phys. Acta», 1963, 36, № 7, p. 827—837.

1. Школа Луи де Бройля и других физиков, разрабатывающих так называемую «причинную» интерпретацию квантовой механики. В русле этих идей ведут исследования Д. Бом, Ж. П. Вижье, Ж. Лошак и другие.

2. Направление, связанное с идеями А. Эйнштейна и Л. Мандельштама о квантовых ансамблях, получившими естественнонаучное обоснование и развитие в работах К. Никольского и Д. Блохинцева.

3. Взгляд на квантовую механику, развиваемый в работах В. Фока, В. Гизбурга и других советских ученых.

Изложим основное содержание этих концепций.

Концепция школы Луи де Бройля находится в процессе становления и за последние годы значительно эволюционизировала. Де Бройль и его последователи считают, что для доказательства причинной обусловленности микропроцессов необходимо создать такую теорию атомных объектов, которая бы наряду со статистическими законами допускала возможность выражения связи состояний индивидуальной микрочастицы в форме динамического закона. Такую теорию квантовых процессов они называют «причинной», или «детерминистической». Современную квантовую механику де Бройль характеризует как «индетерминистическую теорию», ибо она не дает однозначных предсказаний о судьбе индивидуальной частицы.

Следует отметить, что статистичность квантовой механики может и не противоречить признанию причинной обусловленности микропроцессов. Квантовая механика в специфической статистической форме отражает объективную связь состояний и причинную обусловленность микрообъектов. Задача состоит в том, чтобы вскрыть эту особую форму выражения закономерных связей в микропроцессах. Неудачи того или иного конкретного направления исследования, в частности неудачи в поисках математических форм отражения связей состояний индивидуального микрообъекта в виде однозначного (динамического) закона, не могут быть аргументом против материалистического принципа причинности.

Де Бройль вместе со своими учениками настойчиво разрабатывает теорию так называемого «двойного решения»⁸⁴. Согласно этим представлениям, микрочастица

⁸⁴ См. *Louis de Broglie. L'Interprétation de la mécanique ondulatoire.* — «La Pensée», 1960, N 91, p. 16—45.

представляет собой волновой процесс, в котором имеется особая (сингулярная) область большой концентрации, представляющая корпускулярный аспект частицы.

Движение микрообъекта уподобляется своего рода потоку жидкости, перемещающемуся в пространстве, внутри которого (потока) движется сингулярная область (корпускула). В соответствии с такой моделью микрочастицы де Бройль утверждает, что всякое «непрерывное» решение волнового уравнения дублируется «сингулярным» решением этого уравнения, выражающим корпускулярные свойства микрообъекта и имеющим ту же фазу, что и «непрерывное» решение ψ .

Если волна, содержащая сингулярную область (корпускулу), представляет собой физическую реальность, то непрерывная волна ψ является фиктивной волной, способной лишь дать нам статистические представления о возможных координатах или скорости движения корпускулы.

На основе аналогии между теорией «двойного решения» и идеями Эйнштейна об интерпретации движения материальной точки в общей теории относительности как очень маленькой области, в которой поле имеет большое значение, де Бройль делает вывод о том, что истинное волновое уравнение должно быть нелинейным.

На основе нелинейного уравнения де Бройль предполагает выразить корреляцию корпускулярного аспекта с волновым аспектом частицы и таким образом представить корпускулярно-волновой дуализм микрочастиц.

В последних работах де Бройль развивает термодинамическую теорию изолированных частиц. Согласно этим представлениям, микрочастица уподобляется корпускуле, движущейся в среде, представляющей собой нечто вроде скрытого термостата. Взаимодействие корпускулы со средой (термостатом) приводит, например, к флуктуации собственной массы частиц, интерпретируемой как тепловое возмущение⁸⁵. Луи де Бройль и его последователи не теряют надежды, что на пути этих представлений им удастся получить принципиально новые результаты, не укладывающиеся в рамки квантовой механики.

В этом же духе излагает свои соображения Я. П. Терлецкий. Он выдвигает гипотезу о заполнении окружающей-

⁸⁵ См. *Louis de Broglie. La thermodynamique de la particule isolée. Gauthé — Villars, Paris, 1964.*

го нас мира частицами мнимой массы постоянной мнимой температурой. Совокупность таких частиц он называет «мнимым» термостатом. Все квантовые эффекты, в том числе статистический характер законов движения микро-частиц, могут рассматриваться как результат взаимодействия классических частиц с «мнимым» термостатом⁸⁶.

Однако эти соображения носят полукачественный характер и нуждаются в дальнейшем физическом и математическом обосновании.

Согласно последнему варианту «причинной» интерпретации квантовой механики, развиваемому Бомом, «элементарная» частица представляет протяженное тело, с которым связано некоторое реальное поле, математически описываемое ψ -функцией. Вследствие малых размеров тело может рассматриваться как материальная точка классической механики. Реальное поле, описываемое волновой функцией, до некоторой степени похоже на электромагнитное поле. Тело и поле взаимодействуют друг с другом, однако воздействием тела на поле в квантовой механике можно пренебречь. Действие поля на тело представляет собой «квантово-механическую» силу нового рода, которая начинает проявляться лишь на атомном уровне.

Если бы тело испытывало воздействие только «квантово-механических» сил, то его движение имело бы строго детерминированный характер, наподобие движения материальной точки классической механики, подверженной воздействию внешних сил. Для того чтобы объяснить статистический характер квантово-механических закономерностей, Бом вводит предположение о существовании некоторых тенденций, нарушающих упорядоченное движение тела и делающих его подобным движению броуновской частицы.

Нарушать упорядоченное движение тела могут, по мнению Бома, или неупорядоченные случайные колебания самого ψ -поля относительно некоторого среднего уровня, или взаимодействие тела с объектами, составляющими другой, более глубокий уровень материальных процессов — субквантовый уровень. Вопрос об истинном механизме, обуславливающем нарушение упорядоченного движения тела под воздействием «квантово-механических» сил, может

⁸⁶ Я. П. Терлецкий. К статистической теории нелинейного поля.— «Доклады Академии наук СССР», 1960, 133, № 3, стр. 568—571.

быть решен, замечает Бом, лишь при изучении субквантового уровня.

Итак, тело, представляющее собой корпускулярный аспект микрочастицы, испытывает, с одной стороны, воздействие «квантово-механических» сил, придающих движению необходимый характер, а с другой — оно испытывает случайные воздействия, нарушающие это необходимое движение тела. В качестве причин, вызывающих статистический характер движения, могут быть или случайные колебания самого поля, или случайное воздействие объектов, составляющих нижележащий субквантовый уровень, или какие-то другие реальные воздействия.

Необходимое изменение состояний тела, обусловленное «квантово-механическими» силами, может быть выражено математически в форме закона динамического типа, а неупорядоченная часть изменения состояния тела отражается статистически, при помощи методов теории вероятности.

Таким образом, Бом ищет основание статистичности квантовой механики в признании существования воздействий, испытываемых телом со стороны внешнего окружения, т. е. на пути признания причинной обусловленности движения тела.

Одним из возможных вариантов объяснения статистичности квантовой механики Бом считает высказываемую им концепцию бесконечного числа структурных уровней материи⁸⁷, являющуюся конкретизацией ленинской идеи о неисчерпаемости материи.

Согласно этой концепции, в природе существует бесконечное число качественно отличающихся друг от друга уровней материальных процессов: макроскопический, атомный, субатомный и т. д. Каждый уровень характеризуется своими динамическими и статистическими законами. Оба вида законов необходимы для описания реального поведения тел, так что никогда не будет возможным объяснить это поведение при помощи одного из этих законов. Динамические законы какого-либо уровня, описывающие индивидуальное поведение объектов, лишь приближенно выражают состояние соответствующих процессов. Всегда

⁸⁷ См. Д. Бом. Причинность и случайность в современной физике. М., 1959; Ж. П. Вижье. К вопросу о теории поведения индивидуальных микрообъектов. — «Вопросы философии», 1956, № 6.

будут существовать материальные процессы как внутри, так и вне объекта, которые данная теория не учитывает. Возможно, говорит Вижье, что динамические законы данного уровня являются выражением сложных статистических эффектов, определяемых законами более глубоких уровней. Статистические законы на данном уровне выражают хаотические действия бесконечного ансамбля более глубоких уровней материальных процессов, составляющих природу.

Согласно концепции уровней, причину статистического характера законов квантовой механики следует искать в существовании взаимодействия микрочастицы с объектами, составляющими более глубокие уровни материи. Подобно тому, как статистический характер законов движения броуновской частицы есть выражение воздействия на нее молекул жидкости, в которую она помещена, подобно этому статистический характер квантовой механики есть выражение воздействия на микрочастицу объектов, составляющих более глубокий уровень материальных процессов.

Однако эта гипотеза о причинах статистичности квантовой механики нуждается в дальнейшем естественнонаучном обосновании. Особый интерес она представляет в связи с обсуждающейся в последнее время гипотезой о существовании субэлементарных частиц (кварков и антикварков), взаимодействие которых порождает сильно взаимодействующие элементарные частицы.

В последние годы Д. Бом предпринимает попытку применения топологии к построению новой теории элементарных частиц. Он выражает надежду, что методы топологии вместе с идеями теории относительности и квант образуют основу, на базе которой удастся не только преодолеть трудности современной теории элементарных частиц, но и открыть перспективы для качественно новой теории микромира.

Другим направлением в истолковании статистичности квантовой механики является концепция «квантовых ансамблей». Идею о квантовых ансамблях, или «микромеханических коллективах», впервые высказали А. Эйнштейн и советский физик Л. Мандельштам. Они считали, что статистичность квантовой механики объясняется тем, что квантовая механика в ее современной форме изучает поведение не индивидуальной микрочастицы, а большой совокупности таких частиц, подобно тому как статистические

законы классической физики отражают закономерности поведения большой совокупности макроскопических объектов.

«Если... ψ -функция дает только статистические высказывания об измеряемых величинах, то причина этого,— писал Эйнштейн,— лежит не в том, что процесс измерения вносит неизвестные, только статистически постигаемые элементы, а как раз в том, что ψ -функция вообще не описывает состояние одной-единственной системы. Уравнение Шредингера определяет изменение во времени совокупности систем...»⁸⁸.

Мандельштам говорил, что волновая функция отражает состояние микромеханического коллектива, под которым он понимал совокупность определенным образом подготовленных микрообъектов.

Эта идея разрабатывалась советским физиком К. В. Никольским и получила дальнейшее развитие и обоснование в работах Д. И. Блохинцева в форме концепции квантовых ансамблей. Согласно концепции квантовых ансамблей, волновая функция является характеристикой совокупности достаточно большого числа однотипных независимых микрочастиц, находящихся в определенных условиях.

Статистический характер квантовой механики, истолкованный в духе концепций ансамблей, не противоречит признанию причинной обусловленности микропроцессов и не исключает возможности построения теории, однозначно описывающей связь состояний микрообъекта в форме динамического закона. Вопрос о возможности построения такой теории Д. И. Блохинцев считает открытым⁸⁹.

Однако сторонники гипотезы о квантовых ансамблях не предприняли никаких конкретных попыток по разработке динамической теории единичных микрообъектов.

В. А. Фок считает, что волновая функция относится не к ансамблю, а к отдельному объекту, характеризуя вероятности того или иного поведения этого объекта в данных микроскопических условиях. Как он показал, признание того, что волновая функция относится к отдельной микро-

⁸⁸ А. Эйнштейн. Физика и реальность.— «Под знаменем марксизма», 1937, № 11—12, стр. 126.

⁸⁹ См. «Философские вопросы современной физики». М., 1952, стр. 381.

частице, не приводит необходимо к признанию существования неконтролируемого взаимодействия между макроприбором и частицей. Если признать двойственную корпускулярно-волновую природу микрочастиц и правильно решить вопрос о смысле волновой функции, то, по мнению В. А. Фока, все трудности с истолкованием квантовой механики отпадают.

Какой же истинный смысл волновой функции? Для этого необходимо обратиться к понятию вероятности, так как волновая функция (ψ -функция) дает вероятностную оценку поведения микрочастицы. Вероятность есть численная характеристика какой-либо реальной возможности поведения объекта в тех или иных условиях. Иначе говоря, вероятность есть мера возможности осуществления какого-либо явления в тех или иных условиях.

Понятие вероятности, будучи мерой возможности, тесно связано с философскими категориями возможности и действительности. Возможность есть то, что может реализоваться при наличии определенных условий. Действительность представляет собой осуществленную возможность.

Знание объективных возможностей поведения предмета позволяет судить о будущем этого предмета. Поэтому категория возможности имеет большое значение для знания поведения предмета в будущем, если известно его возможное поведение в настоящем и известны возможные условия, в которых он может находиться. Для количественной оценки осуществления той или иной возможности поведения предмета в различных условиях и прибегают к понятию вероятности.

Вероятность может относиться к отдельному объекту и характеризовать его возможное поведение. Волновая функция, будучи характеристикой вероятностей, присущих микрообъекту, относится к отдельному объекту и выражает его возможное поведение при данном макроскопическом окружении, описываемом при помощи понятий и законов классической физики. Волновая функция является характеристикой возможностей, присущих микрообъекту при данных макроскопических условиях.

Это можно пояснить на примере квантово-механического описания уже известного нам опыта по дифракции периодически летящих электронов. Квантовая механика не дает однозначных предсказаний, в какой точке экрана даст вспышку данный электрон. Она выражает лишь вероят-

ность попадания электрона в любую точку экрана. Расчет показывает, что вероятность попадания электрона в темные дифракционные полосы отлична от нуля, а вероятность попадания в светлые кольца практически равна нулю. Таким образом, квантовая механика показывает, что для данного электрона, находящегося в определенных макроусловиях, имеется возможность дать вспышку в любой точке темных дифракционных полос на экране.

Совокупность всех точек экрана, в которые может попасть данный электрон, образует ансамбль 'возможных попаданий, которому будет соответствовать ансамбль возможных движений электрона (не следует думать, что движение обязательно подобно движению материальной точки классической механики по траектории). Величина вероятности тех или иных возможных вспышек электрона и характеризуется волновой функцией.

Для превращения в действительность ансамбля возможностей данного электрона требуется огромная совокупность реальных электронов.

В свете сказанного представляется, что разногласия между Д. И. Блохинцевым и В. А. Фоком о смысле волновой функции возникли в значительной мере оттого, что авторы акцентируют свое внимание на разных сторонах отражения квантовых процессов. Фок, утверждая, что волновая функция отражения относится к индивидуальному микрообъекту, подчеркивает момент отражения в квантовой механике возможностей того или иного поведения микрочастицы в данных микроскопических условиях. Блохинцев, утверждая, что волновая функция относится к ансамблю микрочастиц, подчеркивает условия превращения возможностей отдельной микрочастицы в действительность. Но поскольку возможность и действительность представляют собой две взаимосвязанные стороны материальных процессов, то истина состоит в том, чтобы рассматривать в единстве отражение возможностей индивидуальной частицы и реализацию этих возможностей ансамблем микрочастиц.

Правда, это толкование смысла волновой функции не снимает вопроса о причинах статистичности квантовой механики. В самом деле, остается невыясненным вопрос, почему для индивидуальной микрочастицы при определенном макроскопическом окружении существует ансамбль возможностей, для отражения которого прибегают к ста-

тическим методам, в то время как для механического объекта, находящегося в определенных условиях, существует одна возможность, что и отражается в виде динамического закона?

Решение этого вопроса выходит за рамки современной квантовой физики и может быть дано на основе другой, более глубокой теории микропроцессов. Ситуация аналогична классической механике, в которой вводится понятие сила, но природа сил не рассматривается в самой механике и вскрывается лишь в других, более глубоких разделах физики, причем физическая природа сил тяготения не ясна и до сих пор.

Однако это не означает, что мы должны отбрасывать все попытки объяснения природы возможностей квантовомеханического объекта до тех пор, пока не будет создана более глубокая теория микропроцессов. Наоборот, обсуждение вопроса о природе вероятности в квантовой механике, о природе возможностей, обладаемых микрообъектом, будет способствовать созданию более адекватной теории микромира.

Одни ученые ищут специфику возможностей микрообъекта во взаимодействии этого объекта с макромиром, другие — в особенностях внутренних свойств микрочастиц.

Д. И. Блохинцев считает, что «квантовая статистичность имеет своим основанием взаимосвязь микро- и макроявлений»⁹⁰.

Микрообъекты находятся в материальном окружении, взаимодействие с которым определяет их поведение. Окружение частицы представляет собой сложную систему микрообъектов, которую современная механика описывает макроскопически. Это приводит к тому, что результат взаимодействия частицы с ее окружением описывается в квантовой механике неоднозначно даже в том случае, когда в окружение является макроскопически фиксированным. Внутри данного окружения происходят микропроцессы, которые оказывают существенное влияние на поведение микрообъекта, но являются несущественными для макроскопических условий.

Данные макроскопические условия микрообъекта могут быть реализованы в виде различных комбинаций микропроцессов. Каждая определенная комбинация микропро-

⁹⁰ «Философские вопросы современной физики», стр. 377.

пессов, происходящая в рамках данного макроскопического окружения, вызывает вполне определенное поведение микрообъекта. Взаимодействие микрочастицы с микропроцессами, составляющими данное макроскопическое окружение, обуславливает поведение частицы. Совокупности комбинаций микропроцессов, которыми может быть осуществлено данное макроскопическое окружение, соответствует ансамбль возможностей микрообъекта, отражаемый волновой функцией. На основе подобного рода представлений и прибегая к ряду других гипотез пытается обосновать статистичность квантовой механики А. Ланде⁹¹.

Возможно, что и эти представления недостаточны для объяснения статистичности квантовой механики и разгадку ее следует искать на основе рассмотрения других, более глубоких взаимодействий микрочастиц, в частности их взаимодействия с полем вакуума.

Попытки обоснования этого предположения осуществлены в работах Э. И. Адировича и М. И. Подгорецкого⁹², А. А. Соколова⁹³ и других.

Под вакуумом в квантовой физике понимают состояние квантового поля без частиц. В электромагнитном поле вакуума — это состояние без фотонов, для электронно-позитронного поля вакуума — состояние без электронов и позитронов. Отсутствие частиц в вакууме не означает, что он является абсолютной пустотой, в которой не происходит никаких материальных процессов. «Установление физических свойств вакуума, — подчеркивают А. И. Ахиезер и В. Б. Берестецкий, — который нельзя рассматривать как «пустое» пространство, является чрезвычайно важным результатом квантовой электродинамики»⁹⁴.

⁹¹ A. Landé. From tu unity in quantum physics. London — N. Y., 1960.

⁹² Э. И. Адирович и М. И. Подгорецкий. О взаимодействии микросистем с нулевыми колебаниями электромагнитного поля. — «Журнал экспериментальной и теоретической физики», 1954, 26, вып. 2.

⁹³ А. А. Соколов, В. С. Туманов. Соотношения неопределенностей и теория флуктуации. — «Журнал экспериментальной и теоретической физики», 1956, 30, вып. 3; А. А. Соколов. Введение в квантовую электродинамику. М., 1958, стр. 190; А. А. Соколов, Ю. М. Лоскутов, И. М. Тернов. Квантовая механика. М., 1962, стр. 143—146.

⁹⁴ А. И. Ахиезер, В. Б. Берестецкий. Квантовая электродинамика. М., 1953, стр. 109.

На основе соотношения неопределенностей между напряженностью электрического поля и числом частиц можно показать, что в вакууме существуют реальные процессы. В самом деле, если в вакууме число частиц равно нулю, то отсюда следует, что напряженность электрического поля не может быть равна нулю. Далее, из этого же соотношения неопределенностей следует, что неопределенность напряженности электрического поля в этом случае будет равна бесконечности. Следовательно, в вакууме напряженность поля отлична от нуля, но она не имеет определенного значения. В таком случае говорят: поле флуктуирует. Подобного рода вакуумные флуктуации свойственны любому квантовому полю.

Математический расчет, проведенный Э. Адировичем и М. Подгорецким, показывает, что даже классические системы проявляют при взаимодействии с вакуумными флуктуациями некоторые квантовые свойства. В частности, влияние поля вакуума приводит к появлению у классических систем вероятностного распределения координат и импульсов, частично совпадающего с результатами квантовой механики. Это обстоятельство позволяет предположить, что взаимодействие микрочастиц с флуктуациями вакуума соответствующего поля действительно играет в микромире существенную роль, не исчерпываемую малыми эффектами наподобие сдвига атомных уровней.

А. А. Соколов и В. С. Туманов показали, что если в уравнении движения для электрона, рассматриваемого как классическая частица, учесть флуктуации со стороны фотонного вакуума, а также силу лучистого трения Планка, то можно получить соотношение неопределенностей квантовой механики.

Все эти попытки объяснения статистичности квантовой механики покоятся на признании обусловленности движения электрона его взаимодействием с окружающей средой. Однако эти попытки носят полукачественный характер и нуждаются в дальнейшем в физическом и математическом обосновании.

Для обоснования тех или иных концепций, объясняющих статистичность квантовой механики, необходимо выразить их в математической форме.

Если окажется, что соответствующим образом построенная теория дает такое же распределение возможных движений микросистемы, какое дает нерелятивистская кван-

товая механика, то это будет означать, что данные предположения о соотношении возможности и действительности не исключены в нерелятивистской квантовой области.

Для признания же истинности этих предположений необходимо, чтобы построенная на основе их новая теория квантовых процессов объясняла или предсказывала эффекты, необъяснимые или непредсказуемые в рамках существующей теории.

Значение исследования Луи де Бройля, Д. И. Блохинцева, Д. Бома, А. А. Соколова, М. И. Подгорецкого и других физиков состоит в том, что в них показано, что вполне возможно логически последовательное, не противоречащее научным фактам обоснование статистического характера квантовой механики, исходя из признания причинной обусловленности каждого индивидуального микропроцесса. Статистические закономерности микропроцессов, подчеркивает Блохинцев, «не есть результат отсутствия закономерностей связей внутри мира единичных явлений, как утверждают позитивисты; напротив, статистическая закономерность как раз и есть выражение общего закономерного в единичных явлениях»⁹⁵.

Новые формы выражения причинности и связи состояний в квантовой механике

Квантовая физика открыла новые формы выражения причинности и связи состояний, отличающиеся от форм выражения соответствующих связей в классической физике (механика, электродинамика).

Состояние *материальной точки* в классической механике определяется *одновременным* заданием координаты и скорости, *микрочастицы* же не могут находиться в состоянии, в котором эти параметры имели бы определенное значение *одновременно*. Движение микрочастицы отражается в более сложной и опосредованной форме при помощи волновой функции, зависящей либо от координат частицы [$\varphi(x, y, z, t)$ — координатное представление], либо от импульсов частицы [$\varphi(P_x, P_y, P_z, t)$ — импульсное представление]. Полнота отражения движения частицы не зависит

⁹⁵ «Философские вопросы современной физики», стр. 379.

от того, какие величины выбраны в качестве переменных волновой функции.

Если в качестве переменных волновой функции выбраны координаты, то в математическом аппарате квантовой механики они будут выражены в виде обычных чисел, а импульсам будут соответствовать некоторые дифференциальные операторы. Если в качестве переменных выбраны импульсы, то им теперь будут соответствовать числа, а координаты выразятся через соответствующие дифференциальные операторы. Такой математический аппарат для выражения переменных микрочастиц отражает специфические особенности квантовых объектов по сравнению с макроскопическими телами.

Уравнение Шредингера
$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \hat{H} \psi$$
 позволяет на основе знания волновой функции — $\psi(x, y, z, t_0)$ в некоторый начальный момент времени определить волновую функцию во всякий будущий момент времени. Это значит, что в математическом аппарате нерелятивистской квантовой механики имеет место математический детерминизм. Но решение волнового уравнения не позволяет однозначно предсказать движение микрочастицы в будущем. Оно выражает изменение во времени и пространстве реальных возможностей разнообразных движений отдельного микрообъекта, находящегося в макроскопически фиксированных условиях. Это значит, далее, что математический аппарат квантовой механики не позволяет делать однозначные предсказания относительно движения отдельного микрообъекта, а это в свою очередь означает, что в квантовой механике нет лапласовского детерминизма. Если в классической механике математический детерминизм теории совпадает с лапласовским детерминизмом, то в квантовой механике эти понятия различны.

Каждой форме материальных процессов соответствуют свои специфические формы связи состояний, по-разному отражающиеся в конкретных отраслях естествознания. В классической механике, например, связь состояний отражается в форме решения дифференциальных уравнений, выражающих второй закон Ньютона, в квантовой механике в форме решения уравнения Шредингера. Но и в том, и в другом случаях отражается объективная связь состояний, присущая самим вещам. Различие этих форм отражения состоит в том, что в классической механике отражается

поведение объекта *непосредственно*, при помощи величин, *однозначно* определяющих механический объект, в квантовой же механике поведение микрообъекта характеризуется *опосредованно*, путем непосредственного отражения закономерностей изменения *реальных возможностей* микрообъекта. Но по тому, как изменяются эти возможности движения, мы можем судить о самом движении. Уравнение Шредингера отражает в сложной, опосредованной форме объективную закономерную связь состояний микросистемы.

Эта форма отражения связи состояний в квантовой механике такова, что мы не можем на основе ее судить однозначно о переходе микрочастицы из одного реального состояния в другое состояние, но можем знать вероятность осуществления того или иного состояния. Для того чтобы сделать заключение о том, детерминированы ли онтологически состояния квантово-механических объектов относительно конечной части мира, необходимо решить вопрос об основании статистичности квантовой механики. Так как этот последний вопрос не решен современной наукой, то и вопрос об онтологической детерминированности состояний остается открытым. Отражая объективную связь состояний частицы или системы взаимодействующих частиц в сложной опосредованной форме, уравнение Шредингера выражает объективные причинные связи, обуславливающие ее движение.

Вероятность, возможность того или иного поведения объекта при данном окружении определяется, как это подчеркивает В. А. Фок, «внутренними свойствами данного индивидуального объекта и этими внешними условиями»⁹⁶ — и, следовательно, изменение во времени реальных возможностей частицы характеризует изменение во времени внутренних свойств этой частицы и ее внешних условий. Иначе говоря, зная волновую функцию, мы можем в какой-то мере судить об изменении поведения микрочастицы в зависимости от ее внутренних свойств и внешних условий. Но ведь зависимость поведения микрочастицы от ее внутренних свойств и внешних воздействий и составляет суть диалектико-материалистического понимания причинности.

Если будут изменяться внешние воздействия на частицу, или ее внутренние свойства, или то и другое вместе, то

⁹⁶ В. А. Фок. Об интерпретации квантовой механики.— Сб. «Философские проблемы современного естествознания», стр. 227.

это будет отражаться в изменении вида волновой функции, которое в свою очередь выражает изменение реальных возможностей микрочастицы. Таким образом, математический аппарат квантовой механики автоматически учитывает зависимость реальных возможностей того или иного поведения микрочастицы от ее внутренних свойств и внешних воздействий. Иначе говоря: уравнение Шредингера, определяющее волновую функцию, автоматически выражает в сложной опосредованной форме причинные связи, обуславливающие движение микрочастиц.

«Принципиально важно то,— подчеркивают И. М. Лифшиц и Л. М. Пятигорский,— что в квантовой механике, как и в классической, изменение состояния системы определяется внешними воздействиями на эту систему; именно благодаря этим внешним воздействиям система переходит в то или иное состояние»⁹⁷.

Итак, изменение квантовой системы, переход ее из одного состояния в другое обуславливается внешними воздействиями. Но признание обусловленности поведения системы внешними воздействиями представляет собой существенный элемент принципа причинности.

Здесь можно было бы продолжить аналогию между вторым законом Ньютона и уравнением Шредингера. Подобно тому, как второй закон Ньютона выражает зависимость ускорения тела от массы тела и сил, действующих на него, уравнение Шредингера выражает зависимость возможного поведения микрочастицы от ее внутренних свойств и внешних воздействий.

Вместе с тем форма отражения причинной связи в классической механике Ньютона существенно отличается от формы отражения причинной зависимости в квантовой механике. Если в классической механике эта связь выражается непосредственно, путем отражения величин, характеризующих меру причины (сила) и меру следствия (ускорение), то в квантовой механике объективные причинные связи отражаются в статистической форме путем выражения зависимости вероятности того или иного поведения микрообъекта от его внутренних свойств и внешних воздействий. Статистические методы, применяемые квантовой

⁹⁷ И. М. Лифшиц и Л. М. Пятигорский. О динамических и статистических закономерностях квантовой механики.— «Философские вопросы современной физики». Киев, 1956, стр. 7.

механикой для отражения движения микрочастиц, не только не отрицают существования объективных причинных связей и закономерностей связи состояний, но и являются выражением существования этих связей.

Если бы микромир представлял собой царство хаоса абсолютно случайных явлений, лишенных причинных, закономерных связей, то всякий микропроцесс при данных условиях в равной степени был бы возможен и невозможен. Тогда понятия возможности и вероятности не имели бы смысла.

Определенная возможность того или иного поведения микрообъекта создается наличием в природе объективных причинных связей, благодаря которым данные объекты при определенных условиях содержат в себе определенные возможности.

Из всей совокупности возможностей, присущих микрообъекту, реализуется в действительности при данных условиях, как мы уже говорили, лишь одна возможность. Превращение возможности в действительность при определенных внешних условиях описывается в квантовой механике не уравнением Шредингера, а так называемой редукцией (стягиванием) волновой функции.

Положим, мы производим опыт, в котором определяем положение электрона при прохождении экрана с двумя щелями. До наблюдения волновая функция, выражающая вероятность нахождения электрона в точках некоторой области пространства, будет иметь значение, отличное от нуля в некоторой области, в частности в окрестности обеих щелей. Однако после наблюдения мы найдем, что электрон находится около одной из щелей. Это новое состояние будет описываться волновой функцией, квадрат модуля которой будет иметь наибольшее значение вблизи той щели, где был фактически обнаружен электрон. В других точках волновая функция тотчас же окажется равной нулю. Таким образом, превращение возможности в действительность при наблюдении электрона описывается мгновенной редукцией волновой функции от широкой области к узкой области пространства.

Для объяснения редукции волновой функции, по-видимому, необходимо учесть и взаимодействие частицы с измерительным прибором⁹⁸. Известно, что введение любого

⁹⁸ См., напр., Д. Бом. Квантовая теория. М., 1961, стр. 142—153.

взаимодействия (электромагнитного, гравитационного, электрического и т. д.) приводит к необходимости изменения уравнения Шредингера, а следовательно — изменения вида волновой функции. В процессе наблюдения частицы вводится дополнительное взаимодействие, которое, с одной стороны, изменяет взаимодействие частицы — и, следовательно, ее движение, а с другой — позволяет получить информацию о том, какая из бесконечной совокупности возможностей превратилась в действительность. Представляется, что эти онтологические и гносеологические условия и обуславливают редукцию волнового пакета. Онтологическое условие состоит в изменении реального взаимодействия с окружением, гносеологическое условие — в получении дополнительной информации о том, какая возможность поведения частицы при данных условиях превратилась в действительность. Это единство возможности и действительности, реализуемое в движении частицы, по-видимому, свидетельствует об онтологически необходимой связи между взаимодействием частицы и ее поведением. Первое необходимо обуславливает второе.

Таким образом, возможно, по-видимому, объяснение редукции волновой функции на основе признания причинной обусловленности поведения микросистемы, если принять наличие информационного аспекта этой функции. Однако такое истолкование не является общепринятым и нуждается в дальнейшем естественнонаучном и философском обосновании.

Итак, в квантовой механике имеет место математический детерминизм, но исключается лапласовский детерминизм. Связь реальных состояний квантово-механической системы отражается опосредованно с помощью статистических методов, не позволяющих делать *однозначных* предсказаний относительно онтологического состояния этой системы. Вопрос о возможности построения динамической теории движения индивидуального микрообъекта в рамках квантовой механики остается открытым, и его решение возможно, по-видимому, лишь на пути отказа от некоторых положений этой теории.

Квантовая механика открыла новые опосредованные формы отражения причинных связей и связи состояний микросистем. Эти новые формы непосредственно выражают зависимости реальных возможностей микросистемы от ее внутренних свойств и внешних воздействий, а также

закон изменения этих возможностей при данном окружении во времени. Эти новые формы статистически отражают реально существующие причинные связи и связь состояний микросистем.

Познание есть процесс все более полного и глубокого отражения в сознании человека объективных закономерностей природы. «Но это,— подчеркивает В. И. Ленин,— не простое, не непосредственное, не цельное отражение, а процесс ряда абстракций, формирования, образования понятий, законов etc., каковы понятия, законы... и *охватывают* условно, приблизительно универсальную закономерность вечно движущейся и развивающейся природы»⁹⁹. Возникновение и развитие квантовой механики с ее понятием волновой функции является блестящей иллюстрацией диалектико-материалистической теории отражения.

⁹⁹ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 163—164.

ПРИЧИННОСТЬ И СВЯЗЬ СОСТОЯНИЙ В ФИЗИКЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Методологическое значение принципа причинности в экспериментальном исследовании элементарных частиц

Теория элементарных частиц является передним краем современной физики. Актуальность физики элементарных частиц объясняется, во-первых, ее фундаментальным значением для всего естествознания и, во-вторых, открывающимися возможностями практического применения.

Нельзя согласиться с мнением тех ученых¹, которые считают, что физика элементарных частиц стоит в стороне от столбовой дороги развития физики, не имеет и не будет иметь никакого практического значения.

Теория элементарных частиц, по существу своему, исследует один из самых основных вопросов, всегда интересовавших человечество, — вопрос о строении материи. Какова структура элементарных частиц, почему существуют стабильные и нестабильные частицы, каково число различных элементарных частиц, существуют ли более фундаментальные частицы, из которых составлены все известные в настоящее время элементарные частицы, почему существует только одна единица электрического заряда — все эти и подобные им вопросы непосредственно связаны с расширением наших представлений о материальном мире.

Что касается практического значения, то следует иметь в виду, что физика элементарных частиц еще очень молода и делает первые шаги. Но уже в настоящее время намечается применение элементарных частиц в здравоохранении при лечении злокачественных опухолей, центральной нерв-

¹ См., напр., дискуссию В. Вайскопфа с Э. Вейнбергом на страницах международного журнала «Мир науки», 1965, № 2.

ной системы, в химии — для определения скорости химических реакций и т. д.

Большое принципиальное значение исследований элементарных частиц заставляет специально остановиться на вопросе о причинности в этой области физики.

Принцип причинности, понимаемый в смысле утверждения, что все явления реального мира имеют свои причины, играет огромное методологическое значение в исследовании элементарных частиц.

Физик-экспериментатор, изучающий элементарные частицы, находится почти в таком же положении, как зоолог, пытающийся представить себе незнакомое животное по его следам. Физик никогда и нигде не может увидеть сами частицы, а наблюдает лишь те «следы», которые они оставляют на макроскопических приборах. По этим «следам» он узнает о массе частиц, ее движении, скорости, времени жизни и о том, как ведут себя частицы при взаимодействии друг с другом.

Нетрудно убедиться в том, что в основе экспериментального обнаружения и исследования элементарных частиц лежит представление о том, что всякое явление имеет свою причину, что одинаковые причины производят при идентичных условиях одинаковые следствия.

Следы, на основании которых ученый узнает о существовании микрочастиц и их свойствах, представляют собой не что иное, как следствия, вызываемые взаимодействием частиц с соответствующим прибором. Если бы в природе не существовали причинные связи между взаимодействием частицы с макроскопическим телом и изменением этого тела, то мы не имели бы основания для логического вывода о существовании частицы и ее свойствах. Если бы следы появлялись в измерительном приборе сами по себе, независимо от того, взаимодействует ли этот прибор с частицей или нет, то в этом случае наличие следов не могло бы быть достаточным основанием ни для утверждений о существовании частицы, ни для определения ее свойств. Если бы при прохождении заряженной частицы через счетчик в последнем не происходило никаких изменений или изменения происходили сами по себе, независимо от прохождения частицы, то в этом случае прибор не смог бы выполнить функции счетчика частиц.

Если бы причинная связь между взаимодействием частицы с прибором и изменением прибора хотя и существо-

вала, но носила абсолютно случайный характер, то в этом случае на основе тех или иных изменений в приборе мы могли бы сделать заключение лишь о существовании частицы, но не смогли бы однозначно судить о свойствах этой частицы. В самом деле, если бы микрочастица, воздействуя на данное тело с фиксированными свойствами, при определенных условиях могла вызвать любое из бесконечного числа всевозможных изменений этого тела, то в этом случае мы не смогли бы сделать однозначный вывод о свойствах частицы. К счастью, этого не наблюдается в реальных опытах. Физикам-экспериментаторам хорошо известно, что каждая заряженная частица характеризуется своим треком — следом в веществе.

С помощью измерений и вычисления плотностей, длин, углов и кривизны треков физик определяет величины, характеризующие однозначно в пределах точности эксперимента физические свойства микрочастиц. Это возможно в том случае, когда взаимодействие ядерной частицы с измерительным прибором при фиксированных условиях порождает один (и только один), определенный результат. Этот результат взаимодействия содержит в себе достаточное количество информации для однозначного определения свойств частицы.

В эффекте, возникающем в приборе в результате взаимодействия его с микрочастицей, проявляется не только внутренняя природа прибора, но также и внутренние свойства частицы. Для того чтобы узнать свойства частицы, мы должны вычленить из причины, породившей определенное изменение в приборе, ту часть, которая обусловлена внутренней природой частицы. Задача всякого измерения, вообще говоря, и состоит в том, чтобы вскрыть внутреннее реальное основание изменения вещи при взаимодействии ее с другим телом (прибором), свойства которого заранее изучены. Известно, например, что при пропускании микрочастиц достаточной энергии через камеру Вильсона образуются штрихообразные следы конденсированного пара. Почему образуются капельки конденсированного пара, какую роль в этих процессах играют частицы, какова их внутренняя природа? Ответить на эти вопросы нельзя, не прибегая к понятию причинности и не вычленив внутреннее основание поведения частиц.

Вот как объясняет связь процессов в камере Вильсона В. Гейзенберг: «Образование следа,— пишет он,— нужно

представить себе так: *частица сталкивается* в камере с атомами газа и их *ионизирует*. Полученные *ионы вызывают* конденсацию водяных паров вокруг себя и ввиду этого дают центры для образования маленьких водяных капель. Таким образом, вдоль пути летящей частицы создаются водяные капельки, непосредственно доступные наблюдению»².

Нетрудно заметить, что в основе такого объяснения молчаливо положено представление о причинности как такой связи явлений, когда одно явление вызывает другое. Причиной является столкновение частицы с атомами газа, следствием — ионизация этих атомов.

На основе такого объяснения Гейзенберг приходит к выводу о внутренней природе микрочастиц. «Этот опыт доказывает, — пишет он, — дискретный характер материальных лучей» и показывает, что эти лучи целесообразно представлять в виде маленьких быстролетающих частиц. Каждый след, образованный водяными каплями в вильсоновской камере, непосредственно представляет путь одной частицы³. Такой вывод может быть признан обоснованным лишь при условии признания обусловленности образования водяных капель в камере Вильсона как внутренними свойствами микрочастиц, так и свойствами частиц пара. Так при помощи теории, абстракции и анализа, на основе чувственных данных познается внутреннее основание того или иного поведения вещи.

Один из наиболее плодотворных и распространенных методов экспериментального исследования заряженных частиц основывается на наблюдении взаимодействия частицы с фотоэмульсией⁴.

Двигаясь в эмульсии, частица расходует свою кинетическую энергию на ионизацию атомов эмульсии, в результате скорость ее движения убывает. Чем большей энергией обладает частица, тем больший путь она пройдет — и, следовательно, тем длиннее ее след в фотоэмульсии. Чем медленнее движется частица, тем больше ионов она успевает

² В. Гейзенберг. Философские принципы квантовой теории. Л.— М., 1932, стр. 11 (курсив мой.— Г. С.).

³ Там же.

⁴ См., напр., В. Браунбек. Методы измерений в ядерной физике. М., 1961, стр. 80—85; В. В. Алперс. Ядерные частицы в фотографической эмульсии.— «Природа», 1956, № 1.

произвести на одном и том же отрезке пути. Это проявляется в том, что зерна металлического серебра, проявившиеся вдоль пути медленно пролетевшей заряженной частицы, расположены чаще, чем у быстрой частоты. Например, альфа-частица, полученная при естественной радиоактивности, оставляет в фотоэмульсии сплошные следы длиной в несколько микрон, а следы быстрых космических частиц состоят из редких зерен. На основе зависимости частоты следов частицы от ее скорости движения в фотоэмульсии определяют скорость частицы.

Заряженная частица, вызывая ионизацию атомов фотоэмульсии, отдает часть своей энергии электронам, выбитым из атомов. Если энергия, сообщенная электрону, достаточно большая (десятки тысяч электрон-вольт), то выбитый электрон сам может оставить видимый под микроскопом след. Число выбитых так называемых дельта-электронов зависит от заряда частицы. На основе этой зависимости можно по числу дельта-электронов определить заряд частицы.

Частица, пролетающая через фотоэмульсию, испытывает воздействие поля соседних атомов эмульсии. Это вызывает искривление следа частицы, причем тем большее, чем меньше масса частицы и чем медленнее она движется. На основе этой причинной связи можно определить массу частицы, если известна ее скорость.

Время жизни частиц можно определить на основе наблюдения того, успеет ли частица остановиться в фотоэмульсии в результате ионизационного торможения или она распадается на лету. Если частица распалась на лету, то, зная скорость частицы и длину ее пробега, можно подсчитать, сколько времени она двигалась до момента распада. Так как время жизни является статистической величиной, то для ее определения нужно произвести наблюдение над большим числом случаев.

Нетрудно заметить, что в основе этого метода экспериментального определения количественных характеристик внутренних свойств заряженных микрочастиц лежит принцип причинности в его обычной формулировке — причина производит следствие, следствие вызывается причиной, разные причины при одинаковых обстоятельствах вызывают равные следствия, большая причина производит большие следствия. Все современные средства экспериментального исследования элементарных частиц, начиная с гигантских ускорителей и заканчивая разнообразными счетчиками час-

тиц, камерами Вильсона, пузырьковыми камерами, счетчиками Черенкова, различными видами фотоэмульсий и т. д. основываются на принципе причинности.

В качестве примера методологического значения принципа причинности в экспериментальном исследовании элементарных частиц приведем открытие омега-минус-частицы (Ω^-). Омега-минус-барион был открыт в 1964 г. группой американских физиков при помощи эксперимента, выполненного на ускорителе Брукхейвенской лаборатории, сообщаящем частицам энергию до 33 млрд. электрон-вольт⁵.

Перед исследователями, открывшими омега-минус-частицу, прежде всего встал вопрос, какие причины и при каких условиях могут породить эту частицу. Вычисления показали, что при взаимодействии ка-минус-частиц, обладающих достаточно большой энергией, с протонной мишенью рождаются омега-минус-барион, ка-плюс- и ка-нуль-мезоны.

Опыт был спроектирован так, чтобы создать условия, необходимые для порождения искомой частицы. Пучок К-мезонов достаточно большой энергии попадал в пузырьковую камеру. Предлагалось, что один из ка-мезонов в результате взаимодействия с протоном жидкого водорода произведет омега-минус-частицу, которая будет идентифицирована по продуктам ее распада.

Анализ наблюдаемых на фотографии треков показал, что порождение омега-минус-частицы вместе с ка-плюс- и ка-нуль-мезонами произошло в точке столкновения ка-минус-мезона с протоном. Иначе говоря, взаимодействие ка-минус-мезона с протоном действительно порождает омега-минус-барион, ка-плюс- и ка-нуль-мезоны.

Информацию о существовании и свойствах микрочастицы мы получаем на основе реальной причинной связи этой частицы с окружающими вещами, в частности с измерительным прибором.

Следует отметить, что если результат взаимодействия микрообъекта с макроскопическим прибором, в котором проявляются физические свойства микрочастицы (масса, заряд, спин и т. д.), носит необходимый характер, то взаи-

⁵ См. У. Фаулер, Н. Сеймиос. Открытие омега-минус-частицы.— «Успехи физических наук», 1965, 85, вып. 3, стр. 523—532.

действие микрочастицы с прибором, описываемым макроскопически, однозначно не определяет ее движение в пространстве-времени. Движение микрочастицы при данных макроскопических условиях описывается в современной квантовой физике статистически при помощи методов теории вероятности.

Причинность и связь состояний в теории элементарных частиц

В современной теории элементарных частиц известны три главных подхода: теория поля, теория S -матрицы и теория групп. В нашу задачу не входит анализ этих методов. Ограничимся лишь обсуждением вопроса об отношении этих методов, и прежде всего, теории поля и теории S -матрицы к принципу причинности.

Квантовая теория поля является результатом обобщения квантовой механики на основе теории относительности. В этой теории ставится задача описать поведение микрочастиц, опираясь на идею пространственно-временного континуума.

В качестве одной из основных идей квантовой теории поля является представление о взаимодействии частиц, обуславливающим процессы в микромире. Взаимодействие переносится физическими полями (электромагнитным, мезонным, нейтринным и т. п.).

Признание взаимодействия частиц, полей, вызывающего соответствующие процессы в микромире, есть не что иное, как признание причинной обусловленности этих процессов. В этом представлении причина, порождающая микропроцессы, носит характер не одностороннего воздействия одного объекта на другой, а характер взаимодействия, определяемого внутренней природой взаимодействующих частиц. Классическое представление о причине-силе в области физики элементарных частиц уступает место представлению о взаимодействии как причине.

Таким образом, квантовая теория поля не только не отрицает причинную обусловленность микропроцессов, но и существенно опирается на представление об обусловленности этих процессов соответствующими взаимодействиями. Математический аппарат этой теории строится так, чтобы выразить на языке вероятностей изменение состоя-

ния элементарных частиц в зависимости от их внутренних свойств и внешних воздействий.

Уравнения квантовой теории поля, вообще говоря, представляют собой систему бесконечного числа дифференциальных уравнений, которые современная математика пока не умеет решать. До сих пор еще даже не доказано, что такая система дифференциальных уравнений имеет решение.

Полевые операторные функции, удовлетворяющие уравнениям квантовой теории поля, определяют вероятность тех или иных процессов при заданных условиях. Поэтому, если даже полевые уравнения, которым удовлетворяют полевые операторы, имели бы одно-единственное решение при заданных начальных условиях, то на основе этого решения мы не могли бы сделать однозначных предсказаний о поведении квантового поля (частиц). Если в квантовой теории поля и имеет место математический детерминизм, то он, вообще говоря, так же как и в квантовой механике, не совпадает с лапласовским детерминизмом.

В современной теории уравнения квантовой теории иногда можно решать приближенным методом — теорией возмущений. В этой теории предполагается, что в нулевом приближении квантовые поля можно считать свободными, невзаимодействующими. Получают решение этой упрощенной задачи (невозмущенный случай). Затем делают следующий шаг. Полагают в первом приближении, что поля в определенном отношении слабо взаимодействуют, что выражается в том, что члены, отражающие это взаимодействие (возмущение), малы по сравнению с членами уравнения свободного поля. Приблизленно вычисляют поправки, обусловленные малым изменением членов, отброшенных в нулевом приближении. Так получается первое приближение и т. д.

В основе метода возмущений молчаливо лежит представление об аддитивности причинных связей, выражающееся в том, что эффект, вызываемый суммой причин, равен сумме эффектов, вызываемых каждой причиной в отдельности, и что малые изменения причины вызывают малое изменение эффекта, следствия.

Метод возмущений дает хорошие результаты в решении задач квантовой электродинамики. Однако и в ней создается парадоксальное положение, когда в первом приближении получается результат, соответствующий данным опыта, тогда как последующие приближения приводят к бесконеч-

но большим значениям для массы, энергии частицы, а также и для вероятностей тех или иных квантовых процессов. Для преодоления этих трудностей была создана процедура перенормировки масс и зарядов частиц. Эта процедура основывается на разделении полной массы электрона m на «затравочную» массу m_0 , представляющую собой массу кванта свободного электронно-позитронного поля, и электромагнитную массу δm (таким образом $m = m_0 + \delta m$). Аналогично заряд электрона e подразделяется на затравочный заряд e_0 свободного электрона и дополнительный заряд δe , т. е. обусловленный его взаимодействием с полем. Затравочным массе и заряду электрона приписывается субстанциальный характер, так как они присущи электрону «самому по себе», независимо от его отношения с другими объектами. Добавочные же масса и заряд рассматриваются как продукт взаимодействия электрона с соответствующим полем. Эти величины выражают изменение свойств электрона в процессе отношения его с другими объектами.

Оставляя открытым вопрос о правильности разделения массы и заряда электрона на затравочные и добавочные, отметим, что метод перенормировки не является последовательной процедурой. Оправданием для применения этой формальной и непоследовательной процедуры является то, что получаемые этим путем величины, характеризующие взаимодействие электрона с электромагнитным полем (область квантовой электродинамики), оказываются в хорошем согласии с опытом.

Для того чтобы обойти трудности квантовой теории поля, В. Гейзенберг (1943) предложил своеобразный метод в виде формализма матрицы рассеяния, или S -матрицы. В этом методе рассматривается феноменологическое соотношение между наблюдаемыми величинами, в качестве которых приняты прежде всего энергия — импульс свободных частиц, а также дискретные собственные значения для связанных состояний и сдвиг фаз падающей и рассеянной волн в достаточно большом отдалении от центра рассеяния.

Основную идею метода поясним на следующем примере (рис. 3).

Положим, что имеется два пучка частиц, сходящихся в точке O . В результате взаимодействия частиц в окрестности точки O произойдет рассеяние, порождение новых частиц и другие процессы. Вследствие того, что механизм взаимодействия, вызывающий соответствующие процессы, труден

для изучения, он исключается из рассмотрения, заключается в «черный ящик». Признается лишь, что взаимодействие частиц в окрестности центра O производит изменение начального состояния падающих частиц. Но это есть не что

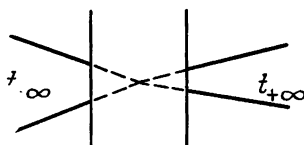


Рис. 3

инное, как признание причинной обусловленности изменения поведения частиц.

Но вместо изучения причинного механизма, обуславливающего поведение частиц, в методе S -матрицы рассматривается связь состояния этих частиц в прошлом с их состоянием в будущем, не интересуясь, однако, состоянием частиц в промежуток времени между этим прошлым и будущим. Таким образом, в методе S -матрицы исследуется связь между дискретными состояниями квантовой системы.

На языке кибернетики задача состоит в том, чтобы по состоянию частиц при входе в «черный ящик» определить состояние частиц при выходе из него. В асимптотическом варианте S -матрицы Гейзенберга вопрос состоит в том, чтобы найти волновую функцию $\psi_{+\infty}$ в момент отдаленного будущего ($t = +\infty$), когда частицы перестанут взаимодействовать, по значению волновой функции в некоторый достаточно отдаленный момент определенного прошлого ($t = -\infty$), когда частицы еще не взаимодействовали.

Оператор, преобразующий волновую функцию отдаленного прошлого и волновую функцию отдаленного будущего, и называется S -матрицей, или матрицей рассеяния. Математически это записывают так:

$$\psi_{+\infty} = S \psi_{-\infty}$$

Квадрат матричных элементов S -матрицы выражает вероятность того, что система элементарных частиц из состояния в отдаленный момент времени, описываемого волновой функцией $\psi_{-\infty}$, перейдет в момент отдаленного будущего в состояние, описываемое волновой функцией $\psi_{+\infty}$.

С помощью S -матрицы мы можем на основе знания возможностей того или иного поведения системы в отдаленном прошлом судить о возможности того или иного возможного

поведения системы в далеком будущем. Такое сложное опосредованное отражение связи состояний в квантовой теории поля определяется не только особенностями человеческого познания, но и особенностями объективной природы релятивистских микропроцессов.

S -матрица строится, вообще говоря, на основе некоторых общих принципов: унитарности, ковариантности, причинности и т. п.

Особенности метода S -матрицы состоят в том, что полученные с ее помощью данные, характеризующие поведение микросистемы, могут быть проверены непосредственно на эксперименте. Это создает принципиальную возможность проверки на опыте общих принципов, лежащих в основе дисперсионных соотношений.

В одном из первых вариантов построения S -матрицы Гейзенберг исходил, в частности, из предположения, что на очень малых расстояниях воздействие от одной частицы к другой может распространяться со скоростью, большей скорости света⁶. Если считать, что для таких скоростей переноса воздействий от одного объекта к другому остаются справедливыми преобразования Лоренца, то необходимо признать, что для таких процессов стирается различие между тем, что происходит раньше, и тем, что происходит позже. Для таких процессов можно выбрать такую систему отсчета, в которой, например, позитрон и электрон сначала аннигилируют, а затем сталкиваются, т. е. сначала наступает следствие, а потом причина.

Признание такой возможности означало бы отрицание применимости макроскопической причинности для исследования квантово-механических процессов, так как в макроскопической области причина всегда предшествует следствию в случае опосредованного воздействия и одновременно с ним в случае непосредственного действия. Поэтому В. Гейзенберг еще в 1954—1956 гг. говорил, что преодоление трудностей теории элементарных частиц связано с дальнейшим отходом от идеала причинности. «В связи с этими трудностями,— писал он,— в последние годы прове-

⁶ Теоретическая возможность подобного рода допущений рассматривается в работах: *Д. И. Блохинцев*. Пространство, время, причинность в микромире. Дубна, 1964; *Я. П. Терлецкий*. Динамические и статистические законы физики. М., 1950, стр. 6, 94, и др.

дены многочисленные исследования. Однако еще не удалось найти вполне удовлетворительное решение. Единственным выходом из трудностей кажется предложить гипотезу, что в малых областях пространства-времени, порядка величины элементарных частиц, пространство и время своеобразным образом стерлись, так что понятия «раньше» или «позже» больше не могут быть правильно определены. В отношении структуры пространства и времени это, конечно, не вызвало бы никаких изменений, однако следовало бы считаться с возможностью, что в малых областях пространства-времени определенные процессы протекают, по-видимому, в направлении, противоположном тому, которое соответствует их причинному ряду... Отсюда обнаруживается, что атомная физика все дальше уклоняется от идеи детерминизма»⁷.

Гейзенберг, однако, признавал, что в настоящее время в физике элементарных частиц все же нет достаточных оснований для окончательного отказа от идеи каузальности⁸.

Если бы в микромире действительно существовали процессы, распространяющиеся со скоростью, большей скорости света в пустоте, то, основываясь на естественном предположении, что в реальных явлениях причина не может следовать за действием, мы пришли бы к выводу, что для этих процессов следует изменить преобразования Лоренца. Д. Бом считает, например, что в области малых расстояний эти преобразования могут и не сохраниться в случае сверхсветовых скоростей. «Как известно из общей теории относительности,— пишет он,— ограничение возможных скоростей света в поле тяготения отнюдь не обязательно... Во всяком случае, едва ли можно утверждать, что опытные факты требуют сохранения на малых расстояниях той же формы ковариантности, что и на больших»⁹.

В работах ряда физиков были осуществлены попытки преодоления трудностей в построении S -матрицы, не выходя за пределы условия причинности. Согласно условию причинности, сформулированному Н. Н. Боголюбовым и Д. В. Ширковым, «какое-либо событие, происшедшее в системе, может оказывать влияние на ход эволюции лишь

⁷ «Universitas», 1954, Н. 3, S. 235—236.

⁸ Там же, стр. 236.

⁹ «Вопросы причинности в квантовой механике». М., 1955, стр. 81.

в будущем и не может оказать влияния на поведение систему в прошлом — во времени, предшествующем данному событию. Мы должны поэтому требовать, чтобы изменение закона взаимодействия в какой-либо пространственно-временной области могло оказать влияние на эволюцию системы лишь в последующие моменты времени»¹⁰.

Данная формулировка принципа причинности в своей основе восходит к философскому понятию причинности, выражающему такую связь явлений, когда одно явление воздействует (взаимодействует) на другое и изменяет его. В этой формулировке учитывается, что скорость распространения в пространстве-времени физических воздействий от одного явления к другому не может быть больше скорости света и вследствие этого временная последовательность причины и следствия сохраняется во всех системах отсчета.

Н. Н. Боголюбов и его последователи подчеркивают эвристическую ценность понимаемого таким образом принципа причинности, который, чрезвычайно сильно ограничивая теорию, приводит к схеме, по существу эквивалентной обычному гамильтонову методу и отличающейся от него лишь возможностью провести изложенное с большой математической ясностью¹¹.

Предложенная же Гейзенбергом общая схема построения матрицы рассеяния, игнорировавшая условие причинности, не принесла почти никаких конкретных результатов¹².

Дальнейшие исследования привели В. Гейзенберга к признанию, что S -матрица должна быть не только унитарной, инвариантной относительно группы Лоренца, группы изотопического спина и т. д., но «и обладать аналитичностью в такой мере, чтобы удовлетворять тому, что понимается под причинностью»¹³.

Дифференциальная форма условия микропричинности

¹⁰ Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков. Вопросы квантовой теории поля.— «Успехи физических наук», 1955, LV, вып. 2, стр. 180; см. также Н. Н. Боголюбов, Б. В. Медведев, М. К. Поливанов. Вопросы теории дисперсионных соотношений. М., 1958.

¹¹ См. Н. Н. Боголюбов, Б. В. Медведев, М. К. Поливанов. Вопросы теории дисперсионных соотношений, стр. 20.

¹² Там же.

¹³ «О теоретических аспектах физики элементарных частиц». — «Успехи физических наук», 1965, 85, вып. 4, стр. 738—739.

Н. Н. Боголюбова записывается следующим образом:

$$\frac{\delta}{\delta g(x)} \left(\frac{\delta S(g)}{\delta g(y)} \dot{S}(g) \right) = 0 \quad \text{при } x \lesssim y. \quad (\text{I})$$

Соотношение $x \sim y$ означает, что точки x и y разделены пространственно-подобным интервалом.

В физической литературе фигурирует также условие микропричинности, согласно которому две любые физически наблюдаемые, относящиеся к пространственно-временным точкам, разделенным пространственно-подобными интервалами, коммутируют¹⁴.

Математически это условие записывается так:

$$[\varphi_i(x) \varphi_k(y)] = 0, \quad \text{если } (x - y)^2 < 0, \quad (\text{II})$$

где φ_i — набор полевых операторов

Физический смысл условия Швебера состоит в утверждении того, что изменения, проведенные в точках, разделенных пространственно-подобным интервалом, не могут влиять друг на друга.

Условие микропричинности Н. Н. Боголюбова, на наш взгляд, полнее выражает свойства причинных связей в микромире. Опираясь на представление о причине как физическом воздействии одного события на другое, в результате которого изменяется это второе, условие Н. Н. Боголюбова выражает, во-первых, возможность воздействия настоящего на будущее и невозможность влияния на прошлое, во-вторых, невозможность существования в микромире причинных воздействий, распространяющихся в пространстве со сверхсветовой скоростью. Условие Н. Н. Боголюбова, получившее в специальной физической литературе название «сильной причинности в смысле Н. Боголюбова», играет существенную роль в построении теории элементарных частиц.

В последние годы важным теоретическим методом описания элементарных частиц являются дисперсионные соотношения, связывающие величины, поддающиеся непосредственному измерению. Этот метод основан на исследовании математических свойств функций, отражающих физические процессы, при продолжении этих функций в область

¹⁴ См. напр., С. Швебер. Введение в релятивистскую квантовую теорию поля. М., 1963, стр. 217.

комплексного переменного. Аналитические свойства этих функций комплексного переменного отражают наблюдаемые физические характеристики. При анализе этого метода оказывается, что осуществить операцию продолжения функций, описывающих реальные физические процессы, в комплексную область можно на основе ряда общих свойств микросистем, в том числе причинности, выражающей то, что физические воздействия распространяются в пространстве на малых расстояниях со скоростью, не превышающей скорости света. Нетрудно видеть, что условие причинности, лежащее в основе теории дисперсионных соотношений, есть не что иное, как распространение макроскопического понимания связи причины и следствия на микропроцессы. Но обоснованна ли такая смелая экстраполяция?

Возможность ответа на этот вопрос создают сами дисперсионные соотношения. Вычислив с помощью дисперсионных соотношений вероятность тех или иных значений величин, мы можем проверить, согласуются эти вычисления с данными экспериментами. Согласие дисперсионных соотношений с опытными данными свидетельствует об истинности общих принципов, лежащих в основе дисперсионных соотношений, в частности принципа причинности.

Экспериментальные исследования, проведенные в ряде лабораторий в Советском Союзе и за рубежом, показали, что дисперсионные соотношения согласуются с опытом, во всяком случае, вплоть до расстояний порядка $e \sim 10^{-15}$ см и интервалов времени $\Delta t \sim 10^{-24}$ сек¹⁵⁻¹⁶.

На основе распространения представлений теории относительности о конечной скорости распространения причинных воздействий на сколь угодно малые области пространства-времени удалось доказать целый ряд важных теорем теории дисперсионных соотношений и решить ряд конкретных физических задач (работы М. Гольбергера, Н. Н. Боголюбова и других).

Хотя в последние годы во многих работах по дисперсионным соотношениям опираются явно уже не на условие микропричинности, а на прямое постулирование тех или

¹⁵⁻¹⁶ См. В. С. Барашенков и В. И. Дедъ. Проверка дисперсионных соотношений в области малых углов и больших энергий. Дубна, 1964; В. С. Барашенков. «Об экспериментальной проверке принципа причинности в микроскопических областях». — «Вопросы философии», 1964, № 2.

иных свойств матрицы рассеяния (в релятивистских задачах) или же на допущение тех или иных свойств потенциала в уравнении Шредингера (в нерелятивистских задачах), однако эти предположения, по-видимому, неявно все же содержат представление о том, что и на малых расстояниях причинное взаимодействие распространяется со скоростью, меньшей скорости света.

Пока нет ни экспериментальных, ни теоретических данных, указывающих на то, что в микроскопических областях пространства — времени возможны сверхсветовые скорости распространения воздействий.

В последние годы наблюдается повышение интереса физиков к теоретико-групповым методам исследования элементарных частиц. В этом подходе рассматривается или пространственно-временная симметрия частиц или их внутренняя симметрия, или то и другое вместе.

Если иметь в виду внутреннюю симметрию микрочастиц, то теоретико-групповой подход позволяет систематизировать их по определенным признакам в классы. В этих классах устанавливаются закономерности изменения свойств частиц, на основании которых (закономерностей) можно вывести свойства всякой частицы, принадлежащей этой группе. Например, удалось предсказать существование мультиплета, состоящего из десяти частиц. Но были известны лишь девять частиц из этого мультиплета. На основе вскрытых закономерностей изменения свойств частиц этого мультиплета американскому физiku М. Гелл-Манну удалось предсказать свойства десятой частицы. В 1965 г. такая частица, названная омега-минус-частицей, была, как мы уже говорили раньше, обнаружена экспериментально, причем ее масса совпадала с предсказанным значением с точностью до 0,1%. Но все же это направление исследований, как справедливо указывает И. Е. Тамм¹⁷, носит в целом феноменологический характер. Оно, как и метод S-матрицы, не вскрывает причин, внутренних оснований, определяющих свойства, поведение частиц.

Попытки классификации элементарных частиц с помощью теории групп подобны поискам периодической системы химических элементов. Периодический закон, сыгравший исключительно большую роль в развитии физики

¹⁷ И. Е. Тамм. Физика элементарных частиц. — «Природа», 1965, № 6.

и химии, был открыт Д. И. Менделеевым на основе обобщения систематики химических свойств атомов, без объяснения внутренних оснований, обуславливающих эти свойства. Объяснение периодического закона было дано позднее квантовой механикой, осветившей строение атома. Нечто подобное наблюдается в современной теории симметрии элементарных частиц, которая также находится на стадии феноменологического описания закономерностей изменения свойств микрочастиц.

В современной науке существует явно выраженная тенденция объяснить свойства элементарных частиц на основе внутренних причин, обуславливающих поведение этих частиц.

Поиски внутренних взаимодействий, обуславливающих свойства элементарных частиц, есть поиски внутренних оснований, *causaformalis* Закона поведения этих частиц.

Опираясь на представление о неисчерпаемости материи вглубь и признав необходимость объяснения феноменологических свойств элементарных частиц на основе внутренних причин, С. Саката предложил составную модель гиперонов и мезонов¹⁸.

Согласно этой гипотезе, гипероны и мезоны являются результатом соответствующего взаимодействия основных, более фундаментальных частиц (протонов, нейтронов и лямбда-частиц) и их античастиц. Экспериментальные исследования резонансов подтвердили правильность основных идей составной модели. Главная же методологическая заслуга гипотезы Сакаты состоит в том, что она выразила необходимость объяснения наблюдаемых свойств элементарных частиц на основе введения понятия о взаимодействии элементов, «частей», элементарных частиц.

Развивая эту идею, М. Гелл-Манн¹⁹ и Г. Цвейг²⁰ выдвинули гипотезу «кварков», оживленно обсуждающуюся в физической и философской литературе.

Согласно этой гипотезе, сильно взаимодействующие частицы представляют собой продукт взаимодействия трех фундаментальных частиц и их античастиц (кварков и антикварков), пока еще не открытых. Оказывается, что за-

¹⁸ S. Sakata. Progress of Theoretical Physics. 1956.

¹⁹ См. «Phys. Letters», 1964, 8, 214.

²⁰ См. G. Zweig. CERN, Preprint, 1964.

ряд и барионное число кварков должны быть дробными, чтобы из них можно было составить все сильно взаимодействующие частицы.

Взаимодействие кварков, порождающее барионы или мезоны, сопровождается выделением огромного количества энергии, значительно уменьшающей массу составной частицы по сравнению с массой кварков, из которых частицы составлены.

Для того чтобы проверить эту гипотезу, следовало бы попытаться разбить элементарные частицы на составляющие их кварки. Но энергия связи кварков, образующих элементарные частицы, должна быть настолько большой, что на современном уровне техники физического эксперимента мы можем отыскать «снаряды», могущие «разбить» элементарные частицы на кварки и антикварки лишь в космических лучах сверхвысоких энергий. Вот эти-то осколки — кварки — и пытаются сейчас найти физики на поверхности Земли.

Но независимо от того, подтвердится или не подтвердится гипотеза кварков, одно несомненно: поиски внутренних причин явлений по их внешним проявлениям имеют непреходящее эвристическое значение в современной физике элементарных частиц.

Многие ученые связывают преодоление трудностей физики элементарных частиц с существенным изменением основ теории. Предлагаются различные варианты: нелокальные теории, квантование пространства-времени, введение в теорию понятия о наименьшей длине, нелинейные обобщения и т. д. Мы не имеем здесь возможности сколько-нибудь подробно рассмотреть все эти направления. Ограничимся лишь некоторыми замечаниями по поводу попыток построения нелокальных теорий и единой нелинейной теории поля.

Согласно нелокальным концепциям, все причины трудностей квантовой теории поля, связанные с расходимостями, возникают вследствие того, что частицы в существующих теориях рассматриваются как точечные, лишенные пространственных размеров. Для преодоления этих трудностей в нелокальных теориях вводится представление о частицах как протяженных субстанциях, размеры которых выражаются при помощи некоторых формфакторов. Протяженная частица может рассматриваться либо как абсолютно жесткая структура, либо как деформируемая под

влиянием внешних воздействий. Если частица рассматривается как недеформируемая, то необходимо признается возможность распространения воздействий внутри частиц с бесконечно большой скоростью.

В самом деле, если мы в определенный момент времени сообщим абсолютно жесткой частице в точке A (рис. 4) некоторый импульс, то противоположная точка B должна сдвинуться в тот же самый момент времени, ибо в противном случае частица на какой-то момент сплющится в направлении внешнего воздействия.

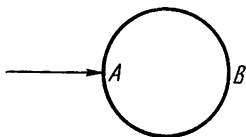


Рис. 4.

Введение же представления о бесконечно большой скорости распространения воздействий внутри частицы привело бы к признанию существования материальных процессов вне времени. Воздействие от точки A к точке B распространялось бы мгновенно.

Конечно, это ни в коем случае не означает, что в физическую теорию не следует вводить представлений об абсолютно жестких структурах и бесконечно больших скоростях. Введение таких модельных представлений может быть весьма полезным для отражения определенных закономерностей движения микрочастиц, подобно тому, как в классической механике оказывается полезным введение понятия абсолютно упругого тела, в теории атома Н. Бора введение представления о бесконечно больших скоростях перехода электрона с одной орбиты на другую и т. д. Однако всякий раз, вводя такие представления, мы должны отдавать себе отчет в том, что в природе, по-видимому, не существует ни абсолютно жестких структур, ни объектов,двигающихся с бесконечно большими скоростями.

Вместе с тем не исключена возможность существования процессов, распространяющихся в пространстве со скоростью, большей скорости света. С этой точки зрения представляется, что формфакторы, характеризующие размеры частиц, должна выражать деформацию частиц под влиянием внешних воздействий. Введение таких формфакторов означало бы, как это подчеркивает М. А. Марков, «феноме-

нологическое описание «структуры» частиц, возможность в каком-то смысле «внутренних движений» частиц, переход к рассмотрению «внутренней физики» частиц, в частности возможности их возбужденных состояний и т. д.»²¹.

Эти формфакторы можно вводить таким образом, чтобы скорость распространения воздействия внутри частицы не превосходила скорости света. Для таких сигналов справедливы преобразования Лоренца и, следовательно, инвариантность временной последовательности причинно-следственных связей при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Если бы вводилось представление о скорости распространения воздействия внутри частицы, большей скорости света, но конечной, то тогда пришлось бы трансформировать лоренц-инвариантность так, чтобы в теории сохранялась инвариантность временной последовательности причины и следствия во всех инерциальных системах отсчета и для этих процессов. К сожалению, теория деформируемого формфактора не нашла последовательного физического обоснования и развития.

Наиболее серьезную попытку построения единой теории элементарных частиц предпринял в 50-е годы В. Гейзенберг. Хотя выдвинутая им программа нелинейной теории единого поля еще далека от осуществления и встречается целый ряд физических и математических трудностей, однако философский разбор ее в плане проблемы причинности весьма показателен.

В. Гейзенберг исходит из представления, что существует единое мировое поле, материя^{21а}. Все существующие элементарные частицы представляют собой проявление этого мирового поля. Необходимый математический аппарат теории должен относиться не к какой-либо конкретной частице, а к материи вообще. «Частицы (элементарные или сложные) должны быть получены как собственные решения уравнений поля»²².

Если под материей понимать объективную реальность, а получение параметров частиц из уравнения поля понимать как отражение этих частиц, то против этих принципов построения физической теории элементарных частиц

²¹ М. А. Марков. Гипероны и К-мезоны. М., 1958. стр. 191.

^{21а} Анализ понятия материи дается в книге Ф. Т. Архипцева «Материя как философская категория» (М., 1961).

²² В. Гейзенберг. Квантовая теория полей и элементарных частиц. — Сб. «Нелинейная квантовая теория». М., 1959, стр. 224.

вряд ли можно возражать. Однако эти принципы являются только необходимым, но не достаточным критерием истинности той или иной физической теории.

В своей теории единого поля Гейзенберг исходит из следующего принципа: «Основные уравнения поля должны быть нелинейными, чтобы включать взаимодействие. Массы частиц должны получаться вследствие взаимодействия. Поэтому понятие «голой частицы» (*nude particle*) не имеет смысла»²³.

Поскольку Гейзенберг признает существование единого мирового поля, вне которого ничего нет, то для объяснения причин его изменения необходимо или признать существование сверхъестественной «силы», или допустить наличие имманентного взаимодействия (взаимодействия самого с собой). Гейзенберг избирает второе решение. По его мнению, мировое поле, материя есть *causa sui*, которую он мыслит как внутреннее взаимодействие. Все процессы в реальном мире представляют собой эффекты взаимодействия материи самой с собой. Представление о внутреннем взаимодействии материи, обуславливающем все микропроцессы, прекрасно выражает диалектико-материалистическая концепция всеобщего универсального взаимодействия. Эта концепция является исходным и конечным моментом рассмотрения проблемы причинности в современной физике.

Формулируя методологические принципы построения общей теории элементарных частиц, В. Гейзенберг говорит: «Физик должен исходить из таких *общих положений*: его математическая интерпретация должна выразить *существование материи во времени и пространстве, будущее состояние* которой в большей или меньшей степени есть *следствие нынешнего состояния, существования сил* и их изменчивого действия, причем действие возникает позднее причины, вызвавшей его, и т. д.»²⁴.

В этих словах выдающегося физика современности выражено огромное эвристическое значение понятий причинности и связи состояний для физики элементарных частиц.

²³ В. Гейзенберг. Квантовая теория полей и элементарных частиц.— Сб. «Нелинейная квантовая теория». М., 1959, стр. 224.

²⁴ «Вопросы философии», 1959, № 12, стр. 159 (подчеркнуто мной.— Г. С.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная физика, в том числе и квантовая, не только не отрицает принцип причинности, понимаемый как утверждение причинной обусловленности всех явлений реального мира, но и использует его явно или неявно как в экспериментальных исследованиях, так и в построении теории физических явлений. Представление о причинной связи как связи между динамическим (силовым) взаимодействием (воздействием) вещей, вызывающим изменения соответствующих вещей, играет роль одной из самых фундаментальных идей всей современной физики.

Попытки ряда физиков и философов использовать некоторые экспериментальные факты и теоретические представления современной науки для отрицания причинности в микромире основываются или на позитивистском понимании причинности, или на абсолютизации современных квантово-механических моделей. Таким образом, отрицательный вывод этих зарубежных физиков и философов относится не к материалистической, а к позитивистской концепции причинности. Этим самым демонстрируется неспособность позитивистской теории причинности решить проблему причинности в современной квантовой физике. С позиции диалектико-материалистической методологии, разграничивающей вопрос о реальном существовании причинных связей от вопроса их отражения в сознании людей, учитывающей диалектику причинных связей, включающей диалектику необходимого и случайного, возможного и действительного, можно успешно обсуждать проблему причинности в современной физике. Ни результаты опытов, подобных опытам по дифракции поочередно летящих электронов, ни соотношение неопределенностей, ни статистический характер квантово-механического описания логически не исключают признание причинной обусловленности микропроцессов и их познаваемость.

Однако современная квантовая физика, вообще гово-

ря, не выражает однозначно причинную обусловленность поведения индивидуальной микрочастицы и прибегает к методам теории вероятностей для описания ее поведения. В связи с этим имеет принципиальное значение вопрос об онтологических и гносеологических основаниях построения физических теорий как динамического (однозначного), так и статистического типа.

Каждый конечный объект, будучи неисчерпаемым, обладает бесконечным числом свойств и внешних связей. Для построения естественнонаучной теории того или иного явления, процесса бывает необходимо правильно выделить его существенные свойства и разумно ограничить бесконечное многообразие внешних воздействий.

В классической физике (классической механике, электродинамике, термодинамике) принимается, что вследствие непрерывности физических воздействий в макроскопической области всегда можно с какой угодно точностью выделить относительно изолированную систему, свободную или почти свободную от внешних воздействий.

На основе ограничения бесконечной совокупности внешних воздействий создается возможность построения теорий, выражающих зависимость поведения вещи от внешних условий и ее внутренней природы. Если параметры, характеризующие существенные в данном отношении свойства вещи, выбраны так, что они однозначно определяют реальное состояние вещи, и если внешние воздействия имеют строго определенные значения, то на основе такой теории мы можем судить о поведении вещи в будущем, если известно ее состояние в некоторый начальный момент времени. При этом в классической физике предполагается, как само собой разумеющееся, что точность предсказания может быть сделана сколько угодно большой путем соответствующего уточнения величин, характеризующих начальное состояние вещи и внешние воздействия.

В тех же случаях, когда нельзя однозначно определить состояние вещи при помощи конечного числа параметров, нельзя абстрагироваться от неисчерпаемости ее свойств, а также и тогда, когда нельзя абстрагироваться от всеобщего взаимодействия, — в этих случаях прибегают к статистическим методам отражения закономерностей изменения состояния вещи. В статистических теориях выражается степень возможности реализации того или иного состояния вещи при тех или иных внешних условиях.

В квантовой механике состояние микрочастиц не может быть определено однозначно заданием координат и скорости, что непосредственно следует из соотношения неопределенностей. Далее оказывается, что в области, изучаемой квантовой механикой, невозможно изолировать объект в такой же степени, в какой оказывается это возможным в области классической физики. В самом деле, величина действия в квантовой области изменяется не непрерывно, а прерывно, причем наименьшая величина действия оказывается чувствительной для поведения частиц атомного масштаба и поэтому ее нельзя игнорировать. Вследствие этого поведение каждой частицы зависит от ее взаимодействия с другими частицами мира.

Для изучения поведения того или иного микрообъекта выделяют некоторую конечную систему, состоящую из изучаемого объекта и измерительного макроскопического прибора, и по поведению этой системы судят о свойствах объекта. Однако эта система испытывает огромное число внешних случайных воздействий, вследствие чего результат взаимодействия микрочастицы с прибором не будет однозначным даже в том случае, когда начальное состояние объекта и прибора будет определено однозначно. Система прибор — микрочастица ведет себя как динамическая статистическая система, и поэтому ее поведение может быть выражено лишь статистически, на языке теории вероятностей.

По-видимому, и в других случаях, когда невозможно абстрагироваться от взаимодействия изучаемой системы со всем остальным миром или нельзя однозначно определить ее состояние при помощи конечного числа параметров, поведение системы может быть выражено статистически, а не при помощи однозначных законов.

Иначе говоря, неисчерпаемость природы, ее свойств и взаимодействий является основанием того, что мы прибегаем к статистическим методам выражения поведения элементов того или иного уровня.

Однако сам по себе принцип неисчерпаемости еще не объясняет, почему в одних случаях мы пользуемся одной статистикой, в других — другой, почему один объект обладает одной совокупностью возможностей, а другой — другой совокупностью и т. д. Характер статистики, характер возможностей в поведении объекта определяется внутренними свойствами этого объекта и испытываемыми им

внешними воздействиями, и поэтому обоснование статистик — скажем, статистики, применяемой в классической физике, статистики квантовой механики, статистики квантовой теории поля и т. д. — следует искать в особенностях внутренней природы и внешнего фона соответствующих объектов.

Для выяснения роли статистических и однозначных законов для отражения закономерностей движения микро-частиц большое значение имеет выяснение соотношения случайности и необходимости, возможности и действительности.

Анализ современных физических представлений обнаруживает, что при переходе от макромира к микромиру существуют две противоположные тенденции в изменении соотношения необходимости и случайностей: с одной стороны, происходит увеличение относительной роли случайности и уменьшение роли необходимости в обусловливании механического движения объектов, с другой — увеличение роли необходимости и уменьшение роли случайности в определении физических свойств объектов. С первой тенденцией связано изменение соотношения возможности и действительности в квантовой области по сравнению с областью классической механики. Если в классической механике для всякой механической системы, соотношенной с определенными внешними макроскопическими условиями, существует одна и только одна реальная возможность, с необходимостью реализующаяся в действительности, то в квантовой механике микросистема, находящаяся в определенных макроскопических условиях, обладает бесконечным ансамблем возможностей. В квантовой теории поля частицы обладают, кроме ансамбля возможных движений в пространстве-времени, возможностями качественного изменения, взаимопревращения.

Увеличение относительной роли случайных факторов в определении механического движения объектов при переходе от макроуровня к микроуровню и связанное с этим изменение соотношения возможности и действительности выражается в повышении роли статистических методов в описании пространственных перемещений объектов по мере продвижения в глубь материи. Увеличение роли необходимости в обусловливании физических свойств объектов при переходе от макроуровня к микроуровню отражается введением в физику все большего количества

констант, характеризующих необходимые свойства микро-частиц (массу, заряд, спин, изотопический спин, странность, собственный магнитный момент и другие свойства элементарных частиц).

Эти тенденции, будучи различными, взаимно обуславливают друг друга. Обоснование статистических методов опирается на определенное представление о внутренних свойствах объектов, без которого применение статистики невозможно. В свою очередь, внутренние свойства объектов проявляются во взаимодействии их совокупностей, для описания которых применяют методы теорий вероятностей.

Теория микропроцессов представляет собой специфическое переплетение статистических и динамических законов. Ни один из этих типов законов в отдельности не является достаточным для отражения процессов, изучаемых физикой элементарных частиц. Лишь в своей совокупности статистические и динамические законы дают относительно полное, в рамках соответствующих теорий, описание микропроцессов.

Современная физика, особенно физика элементарных частиц, убедительно демонстрирует ограниченность представления о причине как об одностороннем воздействии одного тела на другое и непригодность его для объяснения микропроцессов. Для обоснования физических идей современной квантовой теории поля существенное значение играет представление о причине как взаимодействии полей, частиц, вызывающем те или иные микропроцессы.

Физика XX в. имеет явно выраженную тенденцию соединить принцип причинности со системно-структурным подходом к явлениям реального мира. В своей истинной сущности причина носит характер взаимодействия различных элементов, частей, тенденций, целей системы, обуславливающего поведение этой системы. Такое понимание весьма близко к «*causa formalis*» Ф. Бэкона. Представление о причине как внешнем силовом воздействии одной вещи на другую представляет собой предельный случай взаимодействия, когда можно абстрагироваться от воздействия одного тела на другое.

Взаимодействие, выступающее в роли причины, может быть как непосредственным (в виде столкновения объектов), так и опосредствованным, передающимся от одного объекта к другому и от этого другого к первому при помо-

щи других объектов. В соответствии с этими двумя видами причинения следует, на наш взгляд, уточнить представление о временном соотношении причины и следствия.

В случае опосредованного причинения начало и конец действия причины соответственно предшествуют началу и концу становления следствия. В случае непосредственного причинения начало и конец действия причины соответственно совпадают с началом и концом становления следствия. Этот вывод непосредственно основывается на представлении о конечной скорости распространения физических воздействий и на законах сохранения, в частности законе сохранения энергии.

Когда говорят, что причина предшествует следствию и в случае непосредственного причинения, то время причины относят к моменту начала ее действия, когда следствие только начало возникать, а время следствия относят к моменту, когда завершилось его становление.

Теория и эксперимент современной квантовой физики, по-видимому, свидетельствуют также о том, что представление теории относительности о существовании предельной скорости распространения причинных воздействий, равной скорости света в вакууме, остается справедливым вплоть до расстояний порядка 10^{-15} см. Вопрос о скорости силового воздействия (взаимодействия) на расстояниях, меньших 10^{-15} см, остается в значительной мере открытым. С точки зрения материалистической философии не исключено, что в природе существуют процессы, распространяющиеся в пространстве со скоростью, большей скорости света. Если бы такие процессы действительно существовали, то для них следовало бы трансформировать лоренц-инвариантность так, чтобы сохранялась временная последовательность причины и следствия и для этих процессов во всех физических системах. Для скоростей, меньших скорости света, эти новые преобразования переходили бы в обычную Лоренц-инвариантность.

Основные представления современной физики (как макроскопической, так и микроскопической) выражают необходимость и целесообразность разграничения понятий причинности и связи состояний.

Если причинность выражает то, что взаимодействие вещей, частей, элементов вызывает изменение этих вещей, целого, системы, то связь состояний выражает последовательность во времени состояний одной и той же вещи,

системы, целого. Взаимодействие тела, частей, элементов носит динамический характер и выражается в том, что данные тела, части, элементы обмениваются с соответствующими телами, частями, элементами энергией, импульсом и т. д. Состояние тела в данный момент хотя и влияет на состояние этого тела в последующий момент, но это влияние не носит динамического характера. Состояние в данный момент не может динамически воздействовать на будущее, потому что будущее еще не существует, но оно не может воздействовать и на прошлое, так как прошлое уже не существует. Причинная связь выражает отношение смежности вещей в пространстве, связь состояний отражает последовательность изменения вещи во времени. Причинность отражает двигательную силу, источник движения, изменения, развития; связь состояний описывает результат движения, изменения, развития вещи.

Будучи различными, причинность и связь состояний соответствуют и обуславливают друг друга. Данной причинной связи соответствует определенная связь состояний — и, наоборот, изменение состояний вещи обуславливается определенной причинной связью.

Понятие связи состояний, подобно понятию причинности имеет значения общефилософской категории. Всякое явление реального мира обладает совокупностью свойств, составляющих его реальное состояние, которое изменяется с течением времени. Всякое движение, изменение, развитие в природе, обществе, познании представляет собой изменение состояния того или иного объекта, переход его из одного состояния в другое, из этого другого в третье и т. д. и т. п.

Выяснение различия и соответствия между понятиями причинности и связи состояний поможет, на наш взгляд, устранить многие недоразумения при обсуждении проблемы причинности в современной физике.

Причинность, понимаемая в смысле классического детерминизма, представляет собой частный случай связи состояний изолированной системы, когда ее реальное начальное состояние необходимо определяет ее реальное состояние в последующие моменты времени. Причинность в смысле обычно понимаемого лапласовского детерминизма, точнее его гносеологического аспекта, выражает идеал абсолютного познания классически детерминированной системы, когда мы на основе абсолютного знания свойств си-

стемы в настоящем можем предсказать однозначно свойства системы в любой будущий момент времени.

В классической механике и электродинамике Максвелла лапласовский детерминизм совпадал с математическим детерминизмом, и поэтому данные понятия в этих разделах физики неразличимы. В квантовой механике имеет место математический детерминизм, выражаемый существованием единственного решения уравнения Шредингера, удовлетворяющего определенным начальным условиям, однако это решение не дает однозначных предсказаний о движении атомной системы, и поэтому оно несовместно с лапласовским детерминизмом.

Квантовая механика и квантовая теория поля вскрыли новые формы отражения последовательности состояний и причинной связи, которые *непосредственно* выражают однозначную связь во времени *реальных возможностей частицы* или *зависимость этих возможностей от внутренних свойств частицы и внешних воздействий*. Отражая непосредственно реальные возможности и их зависимость от взаимодействия частиц, квантовая теория *опосредованно* выражает реальные объективные связи микропроцессов.

Эти новые статистические формы отражения связей в микромире имеют основание не только в особенностях познавательной деятельности людей, но и в объективной природе самих вещей.

В статистических теориях выражаются необходимые тенденции поведения системы, которые пробивают себе дорогу сквозь множество внешних, случайных связей. Статистические законы квантовой физики не только не отрицают причинность, необходимость, но и являются формой их проявления.

Развитие физики, начиная с возникновения классической механики Ньютона и кончая физикой «элементарных» частиц, демонстрирует огромную эвристическую роль принципа причинности как в экспериментальных, так и в теоретических исследованиях явлений природы. Материалистический принцип причинности является великим путеводителем для всех ищущих дорогу к истине.

УКАЗАТЕЛИ

ПРЕДМЕТНЫЙ

- Абстракция 69, 85—87, 92, 97, 123, 146, 176, 158, 160, 220, 224, 229, 239, 240, 267, 271
Абсолютный 82, 84, 85, 89, 94, 212, 216, 244, 245
Активное начало 157, 175
Активное тело 28, 29
Активность 67, 70, 72, 73, 75, 76, 82, 83, 91, 103, 105, 106, 141
Акциденция 28, 29
Аналитический метод 23
Аналогия 200—201
Анизотропия 148
Антропоморфизм 103
Апейрон 11
Атом 14, 16, 17, 68, 69, 78, 79, 94, 99, 100, 151

Бесконечность 66, 67
Близкодействие 177
Бытие 18, 91, 108, 154

Вероятность 19, 130, 256, 264, 265
Взаимодействие 5, 6, 11, 12, 15, 44, 47, 50, 57, 61, 66—72, 74—81, 83, 86, 87, 89, 90, 94—98, 100, 102, 104, 105, 118, 127, 139—140, 159—161, 295
Взаимообусловленность 66
Внешние условия 72, 153, 171
Воздействие 66—82, 84—87, 89, 94, 96—101, 105, 106, 108, 139
Возможность 19, 20, 30, 65, 66, 71, 75, 85, 86, 91, 92, 105, 108, 111
Волновая теория света 191
Волновая функция 212, 242, 251, 252, 255—257, 261—267
Временная последовательность 181
Время 65, 73, 87—90, 95, 102, 108, 144, 151
Всеобщая связь 285

Гносеология 14, 16, 164, 168, 266, 291
Гравитация 78, 81, 86, 90, 96, 98, 105, 178

Дальнодействие 177
Движение 10, 12, 14, 17, 18, 21, 22, 26, 27, 33, 39, 66—77, 80—86, 88—90, 92—101, 153, 180
Детерминизм 7, 33, 34, 110, 111, 112, 168
— механический 168
— ньютоновский 150—152, 154
— онтологический 241, 263
— гносеологический 168
— математический 176, 185, 202, 266, 275, 295, 296
— лапласовский 116, 162, 168, 176, 212, 216, 246, 262, 266, 275, 295, 296
— классический 162, 176
Диалектика 60, 65, 159, 199, 200, 290
Диалектический материализм 65, 67, 216, 230
Динамика 69, 72
Динамический закон 242, 243, 246, 266
Достоверность 111

Зависимость 93
— причинная 129
— функциональная 129
Закон 13, 22, 86, 88—92, 97, 100, 102, 106—109, 111, 113
— инерции 152
— сохранения энергии 140, 172
Закономерность 11, 12, 17, 68, 83, 86, 87, 90, 95, 188, 205, 216, 217, 219, 261, 267

Знание 76, 108, 112
— абсолютное 167

Идеализм 65, 110—112, 204, 218
Изменение 6, 10, 11, 14, 16,
66—78, 80—82, 84—93, 95—
101
Измерение 111, 112, 167, 270
Импульс 69, 73, 88, 89
Инвариантность 117, 149
Индетерминизм 111, 112, 165
Индукция 27, 91
Инерция 66, 86, 97, 153
Истина 73

Категория 37, 53, 66, 92, 102,
108, 117
Каузальность 5, 6, 8, 65, 69, 83,
87, 109, 112
Качественное изменение 99, 190
Качество 96, 100, 107
Кинематика 160
Координата 173
Конечная причина 18, 21
Критерий истинности 92

Масса 145, 185
Материализм 65, 110—112, 159,
164
Материя 10, 11, 17, 18, 21, 23,
25, 26, 28, 48, 66—74, 92—
101, 151, 159, 164, 268, 287,
288
Механицизм 106, 108

Необратимость 169
Необходимость 7, 12, 13, 16,
20, 21, 30, 68—71, 75—78,
81—84, 87, 89—97, 100—103,
105—109
Ненаблюдаемый 67
Неточность 166

Образ 119
Обратимость 144, 146
Объект 118, 145
Одновременность 137, 141, 142
Однозначная связь 143
Онтология 14, 102, 266, 290
Операнд 119
Оператор 119
Операционализм 231
Опыт 13, 14, 23, 41, 65, 84, 92
Относительности теория 73, 110,
180

Отражение 128
Ощущение 25, 103, 104

Пассивное тело 28, 30
Позитивизм 102, 103, 112, 115,
157,
Покой 79, 97, 153
Поле 85, 86, 174
Понятие 62, 66—80, 83, 87,
91—92, 97, 102—107, 110—
112, 117
Предвидение 84, 85, 111, 112,
151
Предсказуемость 115, 165
Предшествование 138, 139
Причина 11—15, 18, 21, 24,
30, 113, 139, 153
Причинность 20, 31, 34, 35,
41, 43, 49, 115, 154, 168
Простота 115
Пространство 14, 151, 153, 154,
Процесс 11, 14, 113

Развитие 12, 21, 65, 76, 80, 93,
106,
Реальность 20, 66, 67, 70, 85

Свободная воля 47, 215
Свойство 66—72, 74, 75, 81,
82, 86, 90, 94, 99—102, 123,
Связь 7, 11—13, 66, 67, 69—72,
75—78, 81—85, 86—91, 93,
97, 100—112, 162—165
— необходимая 127
— случайная 127
— однозначная 128
Связь состояний 11, 16, 116,
128
Сила 67, 69—71, 78, 79, 83,
85, 90, 96, 97, 185, 186
Симметрия 88, 125, 149
Система 16, 68, 70—72, 77, 78,
80, 81, 88—100, 112, 125,
149

Скачок 116, 119
Скорость 17, 68, 73, 97, 98,
162, 173, 181
Следствие 115
Случайность 7, 16, 20, 30, 34,
51, 64, 83, 84, 87, 94, 100,
101, 164, 168, 170
Скрытые параметры 242—249
Событие 139
Состояние 11, 16, 66, 71, 74,
83, 91, 92, 111, 116, 126,
163, 164

Статистическая теория 133
 Статистический закон 102
 Структура 122
 Субстанция 31, 32, 42, 45, 68, 73, 74
 Субъективизм 92, 102, 103, 104, 109
 Тело 25, 66, 68, 69, 70, 72—76, 78, 80—86, 88, 94—100
 Теология 157
 Теория 65, 71, 73, 76, 80, 85, 92, 106, 110—112
 Ускорение 85, 154—155, 158
 Условие 60, 65, 69, 75, 81, 92, 94, 95, 97, 106, 107, 130, 131
 Факт 83, 89—91, 93, 103
 Фатализм 17, 20, 115, 168, 169
 Феноменализм 80
 Физика 73, 78—80, 101, 102, 106, 110, 112

ИМЕННОЙ

Августиник З. 6, 121
 Авелиани С. Ш. 6
 Адирович Э. 259, 260
 Айер А. Дж. 114, 115
 Александров А. 207
 Алперс В. 271
 Анаксагор 24
 Анаксимандр 10, 11
 Аристотель 3, 11, 17—21, 26, 101
 Архипцев Ф. Т. 288
 Аскин Я. Ф. 121, 148
 Ахизер А. 207, 259
 Баженов Л. Б. 6, 7, 121
 Байер В. 7
 Барашенков В. С. 6, 7, 73, 282
 Бранский В. 6
 Беляев С. 7
 Бентли Р. 157
 Берестецкий В. Б. 6, 259
 Беркли Дж. 34, 35
 Бернулли И. 84
 Бёме Я. 26, 28
 Блохинцев Д. И. 6, 73, 192, 207 231—233, 247, 248, 250, 255 257, 258, 261, 278

Философия 65, 66, 73, 91—93, 102, 112
 Форма 14, 17—19, 25, 68, 73, 76, 77, 86, 88, 89, 104—106
 Формальная причинность 18, 19, 21, 26, 54
 Функциональная связь 6
 Функция 104—106, 108, 109
 Целесообразность 146
 Целое 70, 72, 77, 80, 91, 99
 Частица 72—74, 79, 80, 90, 94, 98—100
 Эксперимент 73, 93, 152
 Электродинамика 172, 173, 177
 Электрон 186, 191, 195—198, 200—203, 213—215, 225, 256, 265
 Энергия 186, 223
 Энтропия 146—147
 Явление 5, 8, 10, 13, 16, 20, 27

Боголюбов Н. Н. 279, 280, 281, 282
 Бозе Ш. 225
 Бойль Р. 22
 Больцман Л. 147, 190
 Бом Д. 207, 221, 226, 228, 238, 240—242, 247, 248, 250, 252—254, 261, 279
 Бопп Ф. 227, 236, 240, 241
 Бор Н. 3—5, 19, 85, 90, 195—201, 203—206, 208, 209, 213, 217—219, 221—222, 227—229, 237, 243, 244, 286
 Борн М. 4, 5, 166, 167, 195, 201, 205
 Братоев Г. 6, 121
 Браунбек В. 271
 Бриджмен П. 205—206
 Бриллюэн Л. 239
 Бройль Л. 4—5, 199—201, 203, 207, 232, 250, 249—251, 261
 Брэгг У. Г. 199
 Бунге М. 5. 91, 207
 Бэкон Ф. 24—27, 47, 284, 293
 Вавилов С. 14, 74, 152, 207, 227—228

Вайскопф В. 268
Вебер Д. 68
Вейль Д. 88
Вейнберг Э. 268
Вижье Ж. 7, 207, 250, 253
Вильсон Ч. 223, 225, 240, 270—
271, 273
Виндельбант В. 103
Волосевич О. 7, 141
Вонсовский С. В. 6—7, 207,
221

Галилей Г. 22, 27, 48, 105, 149
Гамильтон У. 200, 212, 242
Гегель Г. В. Ф. 33, 53, 56—
62, 67, 161, 169
Гейзенберг В. 4, 5, 19, 40,
130, 165, 186, 200, 204—205,
208, 209—210, 212—213, 217,
227—229, 232—233, 236, 237,
240, 243—246, 270, 271, 276—
278, 280, 287, 288
Гелл-Манн М. 283—284
Гельвеций К. А. 47
Гельмгольц Г. Л. Ф. 42, 172
Гераклит 12—14
Герцен А. И. 13
Герц Г. 159—160
Гершель Д. 111
Гиббс Д. У. 241
Гинзбург В. Л. 207, 208, 231,
250
Гоббс Т. 27—29, 33, 47, 138,
241
Голик А. 7, 141
Гольбах П. 47—52, 159,
Гольбергер М. 282
Гортари Е. 179
Готт В. С. 6—7, 79, 208
Гоффман 185
Грюнбаум А. 148

Дависсон С. 202
Давыдовский И. В. 76
Дарвин Ч. 64, 173
Дефь В. 282
Декарт Р. 22, 33, 34, 40, 47, 67
Демков Ю. 250
Демокрит 13—17, 20, 24, 26,
33, 151
Джеммер М. 157, 158, 160, 169,
186, 202
Джоуль Д. П. 42
Дидро Д. 47—48
Дирак П. 5, 201, 225

Добронравов 192
Дубинин Н. П. 95
Дышлевой П. С. 208

Евклид 27, 186

Зеeman 193, 197
Зелиг К. 191, 216
Зиновьев А. А. 72

Иваненко Д. Д. 186, 207, 208,
234

Ильенков Э. В. 69
Инфельд Л. 172, 178, 185
Иордан П. 201
Иос 113
Иоффе А. Ф. 192

Кант И. 37, 39, 40—47, 67, 92,
137

Карнап Р. 6
Кассирер Э. 6
Кедров Б. М. 6, 69, 208
Кеплер И. 22
Клаус Г. 6
Комптон А. Х. 195, 203—204
Конт О. 103, 112, 218
Коперник Н. 22
Копчин П. В. 97
Ксрюхин В. 7, 141
Котов В. 159
Коте 159
Коши О. Л. 186
Крабер Г. 6
Краевский В. 6, 121
Кудрявцев П. 157
Кузнецов Б. Г. 187
Кузнецов И. В. 6, 203, 208, 217,
228
Кушцов В. И. 6
Курсанов Г. А. 221

Лагранж Дж. Л. 172
Ламетри Ж. 47, 48
Ландау Л. 220, 264
Ланде А. 259
Ланжевен П. 4, 207, 227
Лаплас Р. 116, 162—165, 168—
169, 171, 172, 246
Ларсен Ф. 206
Лауэ М. 187
Лебедев П. Н. 200
Леверье У. 111
Левкиш 13—15
Лейбниц Г. В. 40, 67, 85, 189

Ленин В. И. 3, 8, 37, 47, 54,
58, 60—62, 70, 87, 170, 267
Леонов М. А. 136—137
Лившиц Е. М. 220, 264
Локк Дж. 23, 47
Ломоносов М. В. 42, 159
Лоренц Х. 117, 182, 278, 279—
280, 287
Лоскутов Ю. 259
Лошак Ж. 250
Лукирский П. И. 192
Лукреций К. 84

Майер Дж. 42
Маковельский А. О. 13
Максвелл Д. К. 110, 124, 136,
173—178, 297
Мальбранш Н. 34
Мандельштам Л. 250, 254, 255
Маре К. 6, 7
Мариотт Е. 22
Марков М. А. 286, 287
Маркс К. 17, 24—26, 33, 38,
39, 52, 62, 65, 67, 107, 161,
169
Марх А. 168, 205
Мах Э. 103—104, 105, 153, 157,
218
Медведев Б. 280
Мейерсон Э. 84
Мелюхин С. Т. 147
Менделеев Д. И. 173, 284
Милль Дж. Ст. 83
Моллаков В. 6
Монин А. 133
Мопертюи П. 157
Моргенау Г. 6

Нагель Е. 6
Нарский И. С. 35
Нейман Дж. 133, 246—249
Нелипа Н. Ф. 7
Неттер Э. 88, 89
Никольский К. В. 250, 255
Ньютон И. 3, 22, 39, 48, 67,
85, 96—97, 107, 111, 120, 129,
131, 150, 152—158, 160, 162,
171—172, 178, 189, 191, 224,
262, 264, 296

Овчинников Н. Ф. 6
Омельяновский М. Э. 6, 7, 118,
208, 228
Оствальд В. 218

Павлов И. П. 114
Пайерлс Р. 210
Парменид 13
Парнюк М. А. 6
Паули В. 5
Пахомов Б. Я. 208
Пирон К. 249
Планк М. 4, 11, 187—189, 197,
200, 203—204, 206, 233, 236,
260
Плеханов Г. В. 170
Подгорецкий М. И. 7, 259,
260, 261
Поливанов М. 280
Поликаров А. 6, 118—121
Поппер К. 6, 112—113, 148
Псевдо-Плутарх 11
Птоломей 22
Пуанкаре А. 87
Пятигорский Л. М. 264

Рассел Б. 5, 106—108, 157—
158, 160
Резерфорд Е. 196
Рейхенбах Г. 5, 146, 147, 206
Риман Г. 186
Розенфельд Л. 206
Рубинштейн С. 75
Рязанов Г. В. 236

Сагатовский В. Н. 76
Саката С. 207, 284
Сачков Ю. В. 6—7, 208, 225
Свидерский В. И. 136
Сеймиос Н. 273
Сейфуллаев Р. 6
Слив Л. 221—222
Соколов А. А. 121, 207—208,
240, 259—261
Спиноза Б. 31—33, 51, 63, 161
Сpirкин А. Г. 78
Сторчак Л. И. 7, 121
Суворов С. Г. 208, 228
Схобовский Л. 7

Тамм И. Е. 179, 227, 283
Тартаковский 202
Терлецкий Я. П. 207—208,
250—252
Тернов И. 259
Тилден Ф. 7
Тиморева А. 161
Тондл В. 7
Торричелли Е. 22, 111
Тугаринов В. П. 136

Туманов В. С. 259—260

Тюхтин В. 74

Тяпкин А. А. 6, 236

Уёмов А. И. 137

Украинцев Б. С. 69

Файнберг В. Я. 7

Фалес 10, 11

Фарадей М. 173—175

Фаулер У. 273

Феврие П. 6, 110—112, 206

Фейербах Л. 62—65

Фейербен Г. 247

Фейнман Р. 235

Фенъеш И. 227, 240—241

Ферворн М. 83—84

Ферми Ф. 225

Фок В. А. 6, 117, 185, 199,

207, 217—219, 231—233, 242,

250, 255—257, 263

Франк Ф. 5, 157, 206

Фриш С. 161

Хаттен 112

Хвольсон О. Д. 199

Херц Г. 6

Христов Х. 6

Цвейг Г. 284

Черенков П. А. 273

Чеснокова С. Е. 7

Швебер С. 88, 281

Шептулин А. П. 78

Ширков Д. В. 279

Шлик М. 109

Шредингер Э. 5, 136, 200—201,

203, 212, 226, 228, 242, 255,

262—266, 283, 296

Шугайлин А. 7, 141

Штарк Л. 197

Эддингтон А. 134, 153, 205

Эйлер Л. 124, 153, 223

Эйнштейн А. 3—5, 90, 111, 172,

185, 187, 190—193, 195, 197,

203, 216, 225, 229, 235, 238,

250, 254—255

Энгельс Ф. 5, 12, 22, 23—26,

33, 38, 39, 52, 62, 65, 67—69,

107, 161, 169, 206

Эпикур 16, 17

Эшби У. 78, 119

Юм Д. 35—37, 40, 91, 92, 103,

122, 138

Яноши Л. 6

Яух И. 249

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
<i>Глава первая</i>	
Развитие понятия причинности в домарксистской философии	
Возникновение и развитие идеи причинности в науке древних	8
Учение о причинности в материалистической философии XVII века	21
Концепция причинности в философии XVIII века	35
Концепция причинности в немецкой классической философии XIX века	53
<i>Глава вторая</i>	
Диалектико-материалистическая концепция причинности	
Взаимодействие — основа причинной связи	66
Структура причинных связей. Причина как взаимодействие внешнего с внутренним	72
Причина как внутреннее взаимодействие вещей, элементов, тенденций	77
Условие и причина, необходимость и всеобщность причинных связей	81
Соотношение внутреннего и внешнего, необходимого и случайного в причинной обусловленности явлений	94
Критика позитивистских концепций причинности	102
<i>Глава третья</i>	
Причинность и связь состояний	
Различие между причинностью и связью состояний	116
Единство причинности и связи состояний	124
Соотношение между причиной и следствием во времени. Связь состояний и необратимость времени	136
<i>Глава четвертая</i>	
Причинность и связь состояний в доквантовой физике	
Сила как причина изменения механического движения	150
Связь состояний. Детерминизм Лапласа	162
Причинность и связь состояний в классической электродинамике	173
Причинность и связь состояний в теории относительности	180
	303

Глава пятая

Причинность и связь состояний в квантовой механике

Методологическое значение принципа причинности в становлении квантовой механики	189
Попытки использования квантовой механики для отрицания причинности	204
«Неконтролируемое» взаимодействие и причинность	217
Причинность и соотношение неопределенностей	230
Статистичность квантовой механики и «скрытые параметры»	242
Статистичность квантовой механики и причинность	249
Новые формы выражения причинности и связи состояний в квантовой механике	261

Глава шестая

Причинность и связь состояний в физике элементарных частиц

Методологическое значение принципа причинности в экспериментальном исследовании элементарных частиц	268
Причинность и связь состояний в теории элементарных частиц	274

Заключение	289
----------------------	-----

Указатели

Предметный	297
Именной	299

Геннадий Александрович Свечников

Причинность и связь состояний в физике

*Утверждено к печати Институтом философии АН СССР
и Институтом истории, филологии и философии СО АН СССР*

Редактор *Н. И. Кондаков*

Художник *И. Сайко*

Художественный редактор *Н. Н. Власик*

Технические редакторы *В. Г. Лаут, В. И. Зудина*

Сдано в набор 18/XI-70 г. Подписано к печати 5/IV-71 г. Формат 84×108^{1/32}

Усл. печ. л. 15,58. Уч.-изд. л. 15,4. Тираж 8000 экз. Т-06412. Тип. зак. 1514

Бумага № 2. Цена в переплете 1 р. 16 к. Цена в обложке 92 коп.

Издательство «Наука». Москва К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография издательства «Наука». Москва Г-99, Шубинский пер., 10

Г. А. СВЕЧНИКОВ

ПРИЧИННОСТЬ И СВЯЗЬ СОСТОЯНИЙ В ФИЗИКЕ

