

НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ

Э. М. Чудинов

ТЕОРИЯ
ПОЗНАНИЯ
И СОВРЕМЕННАЯ
ФИЗИКА

СЕРИЯ

4/1974

ФИЛОСОФИЯ

Э. М. Чудинов,
доктор философских наук

ТЕОРИЯ
ПОЗНАНИЯ
И СОВРЕМЕННАЯ
ФИЗИКА

(ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ
И ФИЗИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1974

Чудинов Э. М.

Ч84 Теория познания и современная физика (Гносеологические принципы и физические теории). М., «Знание», 1974.

64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Философия», 4. Издается ежемесячно с 1960 г.).

Брошюра посвящена философскому рассмотрению гносеологических принципов и их роли в формировании и развитии физического знания. Автор рассматривает гносеологические гипотезы на примере специальной и общей теории относительности, квантовой механики; их влияние на формирование физической теории; анализирует гносеологические принципы как средства описания действительности и их методологические функции в перспективном развитии физического знания.

10502

1М

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Гносеологические предпосылки становления современных физических теорий	5
Логико-гносеологические регулятивы в структуре научного объяснения	25
Гносеологические принципы и проблемы выбора физических теорий	51
Заключение	64

ЧУДИНОВ Энгельс Матвеевич

ТЕОРИЯ ПОЗНАНИЯ И СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА
(Гносеологические принципы и физические теории)

Редактор Ю. Б. Востриков. Техн. редактор А. М. Красавина. Корректор О. Ю. Мигун.

А 06737. Индекс заказа 41004. Сдано в набор 11/1 1974 г. Подписано к печати 5/11 1974 г. Формат бумаги 84×108^{1/32}. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1,0. Печ. л. 2,0. Усл.-печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 3,52. Тираж 56 100 экз. Издательство «Знание». 101835, Москва, Центр, проезд Серова, д. 3/4. Заказ 103. Типография Всесоюзного общества «Знание», Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.
Цена 10 коп.

© Издательство «Знание», 1974 г.

ВВЕДЕНИЕ

Философские идеи играют важную роль в становлении и развитии физического знания. Как свидетельствует история физики, для создания новых физических теорий, призванных сменить старые, всегда оказывались необходимы не только новые эмпирические данные, но и философский анализ фундаментальных понятий и принципов. Такой анализ сопутствовал возникновению теории относительности и квантовой механики, составляющих основу современной физики. Невозможно себе представить их появления без философского переосмысления понятий пространства, времени, причинности, физической реальности и др.

Из арсенала философских идей, оказывающих влияние на физику, следует выделить гносеологические принципы, значение которых для развития физики особенно велико. Эти принципы способствуют формированию метода научного знания. Они определяют способ связи эмпирического и теоретического уровней знания, новых и старых теорий, критерии содержательности и осмысленности физических высказываний. Независимо от того, как относится физик к гносеологии, гносеологические принципы составляют необходимый и важный философский компонент его научной деятельности.

Исследование роли гносеологических принципов в развитии физического знания имеет важное общенаучное и философское значение. Здесь можно отметить следующие три момента. Во-первых, такое исследование позволяет раскрыть одну из наиболее «интимных» форм действенной связи философии с физикой. Знание этой связи позволяет лучше понять закономерности развития физики. Прежде всего оно проливает свет на важные

аспекты исторического развития физических знаний. В истории физики нередко встречаются ситуации, в которых из двух теорий, объясняющих одни и те же эмпирические факты, предпочтение отдавалось одной теории, которая обладала рядом преимуществ методологического порядка. Эти преимущества обычно проявлялись в том, что данная теория более полно отвечала ряду гносеологических требований, таких, как принципиальная наблюдаемость, общность предпосылок теории.

Но дело не ограничивается одной лишь историей физики. Гносеологические принципы являются важным фактором перспективного развития физического знания. Будущее развитие физики не сводится к совершенствованию существующих теорий. Место этих теорий, по всей видимости, займут новые, обладающие большей общностью и фундаментальностью. Советский физик академик И. Е. Тамм писал: «В последнее время у физиков становится все более явным ощущение, что мы находимся накануне фундаментальной революции в теории, которая приведет к не менее серьезному пересмотру представлений и понятий, чем это было сделано теорией относительности и квантовой теорией»¹. Нет сомнения в том, что создание новых теорий будет сопровождаться дальнейшим развитием гносеологических установок, лежащих в основе физики.

Во-вторых, ознакомление с гносеологическими принципами, которые представляются существенными для современной физики, дает возможность выяснить роль материалистической диалектики в развитии научного знания. В. И. Ленин указывал, что современная физика идет к единственно верному методу научного знания, каким является диалектический материализм². Это в полной мере относится к тем гносеологическим установкам, на которые опираются современные физические теории. Эти теории отвергают априоризм и плоский эмпиризм. В них находит диалектическое решение проблема соотношения эмпирического и теоретического. Им чужд релятивизм, противопоставляющий относительность истинности научных знаний их объективности. Принцип соответствия, лежащий в их основе, выражает диалектиче-

¹ И. Е. Тамм. На пороге новой теории. — В сб.: «Будущее науки». М., 1966, стр. 8—9.

² См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 331.

скую преемственность между ними и старой классической физикой.

В-третьих, выяснение роли гносеологических принципов в развитии физики дает возможность вскрыть несостоятельность неопозитивистской доктрины научного знания, которая продолжает оставаться одной из наиболее распространенных и влиятельных концепций в буржуазной философии.

Тема «теория познания и современная физика», взятая без каких-либо ограничений, является чрезмерно широкой. Она охватывает целый комплекс проблем, возникающих на стыке этих наук. В настоящей брошюре мы опустим многие из них. Нас будет интересовать только вопрос о том, какую роль играют гносеологические принципы в становлении, функционировании и развитии физических теорий.

ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СТАНОВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ

О своеобразии влияния философии на становление физических теорий

В каком смысле философия является фактором становления физических теорий? Со времен превращения физики в самостоятельную отрасль знания этот вопрос интересовал многих философов. Однако в истории философии он получил неоднозначное решение. Мы рассмотрим два диаметрально противоположных ответа на него.

Французский философ XVII в. Р. Декарт считал, что все содержание науки, в том числе физики, может быть дедуктивно выведено из небольшого числа самоочевидных «метафизических», т. е. философских принципов. Эти принципы составляют «корни» научного знания. Из них вырастает «дерево» науки, «стволом» которого является физика, а «ветвями» — механика, медицина, этика.

Философские принципы, лежащие в основе науки, имеют, согласно Декарту, априорный характер и не зависят от опыта. Критерием их истинности является не их практическая подтверждаемость, а самоочевидность, заключающаяся в возможности интуитивно ясного и отчетливого их представления.

Декартова методика конструирования физики на ос-

нове умозрительных философских принципов в той или иной форме применялась всей домарксистской натурфилософией. Различие между натурфилософскими системами заключалось лишь в том, какие именно исходные философские постулаты следует считать самоочевидными. По такой схеме были созданы, например, натурфилософские системы Шеллинга и Гегеля.

Нельзя сказать, что натурфилософия представляет нагромождение одних ошибок. В некоторых натурфилософских системах прошлого можно найти ряд глубоких догадок, идей, которые намного опередили свою эпоху и предвосхитили научные достижения более позднего времени. В качестве примера можно привести физическое учение Декарта, в рамках которого была развита идея о неразрывной связи материи и пространства (протяженности) — идея, сыгравшая исключительно важную роль в создании общей теории относительности.

Однако, несмотря на отдельные положительные моменты натурфилософии, натурфилософское решение вопроса о соотношении философии и физики является в целом неудовлетворительным. Физику нельзя получить в качестве следствия из философских принципов, какими бы самоочевидными они ни представлялись. Она является учением о закономерностях природы. В ее создании фундаментальная роль принадлежит опыту, на основе которого приобретает первичная информация о природе. Вне опыта, эксперимента физика невозможна. Осознание этого обстоятельства имело важное значение для создания Галилеем и Ньютоном классической физики.

Как реакция на натурфилософию в XIX в. возник неопозитивизм. Его основоположник О. Конт считал, что не только натурфилософия, но и вся традиционная философия представляет собой донаучную форму знания. Она сыграла определенную роль в историческом плане. Но после того как появилась «позитивная» наука, любая попытка философского объяснения мира становится ненужным анахронизмом. За философией в ее новом качестве сохраняется лишь функция систематики и классификации науки.

Единственным источником позитивного знания, к которому Конт относил и физику, является опыт. Физика, по Конту, должна быть ориентирована на описание одних эмпирических фактов. Она должна отвечать лишь на вопрос «как» происходят физические процессы, и не пы-

таться решить «метафизические» проблемы о их причинах. Ввиду того, что физическое знание носит эмпирико-описательный характер, философия не играет никакой роли в формировании и развитии физических идей.

Основные установки контовского позитивизма получили дальнейшее развитие в неопозитивистской доктрине научного знания (М. Шлик, Р. Карнап, К. Гемпель и др.). Согласно последней необходимым и достаточным условием признания данной теории в качестве истинной является ее эмпирическая подтверждаемость. В этой концепции наука рассматривается как конструкция, состоящая из двух «этажей» — из предложений о наблюдаемых фактах и общих предложений, которые связаны с наблюдениями через предложения первого рода. Научная теория, по мнению неопозитивистов, должна быть полностью сведена к опыту, который является ее главным и единственным судьей.

Важнейшим критерием осмысленности и значимости утверждений научной теории неопозитивисты считают их эмпирическую проверяемость. Те утверждения, которые не удовлетворяют опыту, должны быть исключены из науки как не имеющие смысла. Под давлением фактов, указывающих на несоответствие указанного требования реальной науке, неопозитивисты стремились смягчить этот критерий. Американский философ Т. И. Хилл — автор известного советскому читателю труда «Современные теории познания» — следующим образом характеризует изменение взглядов Р. Карнапа на принцип эмпирической проверки: «Первоначально Карнап полагал, что эмпирически значимыми предложениями являются только такие, которые реально «переводимы на язык наблюдений». Затем, в начале 30-х годов, он пришел к убеждению, что высказывания являются эмпирически осмысленными, если и только если из них можно вывести высказывания о наблюдении. Немного позже... Карнап утверждает, что достаточным условием эмпирической значимости высказывания является возможность связать его цепочками сведения при помощи материальной импликации¹ с высказыванием о наблюдении. Наконец,

¹ Материальная импликация — логическая формула типа $A \rightarrow B$ (читается: если A , то B), которая истинна при всех значениях переменных A и B за исключением случая, когда A — истинна, B — ложь.

в последних работах он еще дальше расширяет этот критерий, заявляя, что высказывание можно рассматривать как эмпирически осмысленное, если оно построено по правилам своего языка и любой его дескриптивный термин¹ таков, что можно указать содержащее этот термин предложение, истинность которого «изменяет предсказание некоторого наблюдаемого события»². Но даже в таком модернизированном виде неопозитивизм далек от современной науки.

Неопозитивистская трактовка науки не соответствует реальной истории научного знания. Она упрощает, схематизирует развитие науки, исключает из нее важные аспекты, без которых реальная наука не может быть понята. Далеко не все содержание научной теории сводится к опыту. Кроме того, если мы обратимся к истории науки, в частности, к физике, то мы найдем многочисленные примеры того, как теория, противоречащая важным эмпирическим фактам, сохранялась, а теории, согласующиеся с фактами, отвергались. Одним из примеров этого может служить история гравитационной теории. Известно, что еще до появления общей теории относительности ученые знали, что наблюдаемое изменение перигелия Меркурия не укладывается в рамки гравитационной теории Ньютона. Однако это не явилось поводом для отказа от ньютоновского гравитационного закона, веру в истинность которого они сохранили вплоть до создания Эйнштейном общей теории относительности.

Неопозитивистская концепция научного знания, его отношения к опыту в последнее время подвергается активной критике не только советскими, но и зарубежными философами. Здесь уместно остановиться на критических замечаниях, выдвинутых против неопозитивизма известным западным философом М. Бунге³. Бунге отмечает, что согласно официальной, т. е. неопозитивистской философии науки, научная теория является суммированием и кодированием фактов, слегка дополненная их экстраполяцией. В соответствии с этой точкой зрения,

¹ Дескриптивный термин — термин, обозначающий отдельные предметы или конкретные множества предметов, а также задающие их конкретные свойства.

² Т. И. Хилл. Современные теории познания. М., 1965, стр. 396.

³ См. M. Bunge Theory meets experience. — «Mind, science and history», p. 138—165.

если теоретические предсказания приходят в противоречие с эмпирическими данными, теория немедленно должна сойти со сцены. Такая точка зрения, по мнению Бунге, методологически, философски и исторически несостоятельна.

По мнению Бунге, одного лишь эмпирического испытания научной теории недостаточно. Она должна быть подвергнута не только эмпирической, но и внеэмпирической проверке. Под последней понимается соответствие теории ряду неэмпирических требований — метатеоретическому, интертеоретическому и философскому. Метатеоретическое требование — это требование внутренней логической непротиворечивости теории и эмпиристской содержательности вытекающих из нее следствий. Интертеоретическая проверка состоит в установлении согласованности теории с другими теориями, уже получившими признание. Философская проверка теории заключается в выяснении соответствия научной теории данной философии. Так, если принимается позитивистская философия, то феноменологические, т. е. описательные теории будут считаться предпочтительными, в то время как теории, рассматривающие структуру систем, будут отвергаться или во всяком случае против них будет вестись борьба без всяких попыток проверки их фактами или более глубокого их объяснения.

Отмечая связь научных исследований с философией, М. Бунге, в частности, пишет: «Что касается согласованности наших научных теорий с доминирующей философией и тем более нашим миропониманием, то мы интересуемся этим потому, что это имеет самое прямое отношение к научным исследованиям и, в частности, выбору исследуемых проблем, формированию гипотез, к оценке идей и процедур. Не лишне отметить, что преклонение перед ошибочной философией может быть пагубным для исследований... В любом случае, несмотря на то, что существует ненаучная философия, научное исследование пронизано определенными философскими идеями»¹.

В изложенных замечаниях имеются рациональные моменты. Действительно, опыт, посредством которого обосновывается любая физическая теория, всегда непо-

¹ M. Bunge. Theory meets experience. — «Mind, science and history», p. 142—143.

лон. Из него нельзя однозначно вывести научную теорию. Важную роль в формировании и развитии научной теории играют философские соображения, которыми руководствуются ученые.

Бунге и некоторые другие философы, в том числе советские, называют философские соображения, привлекающиеся для создания и развития физических теорий, внеэмпирическим фактором¹. Такая оценка справедлива в том случае, если понятие «внеэмпирический» берется в относительном, а не в абсолютном значении. Философские принципы являются внеэмпирическими в том смысле, что их нельзя непосредственно вывести из той ограниченной суммы фактов, которые лежат в основе данной теории. Однако они не априорны. Основой возникновения и развития этих принципов, как и всего человеческого знания, является практика в широком смысле слова.

Влияние философии на развитие физики является многоплановым. Философия определяет общую атмосферу, в которой живет и развивается наука. Вполне понятно, что философия, проповедующая субъективизм, агностицизм и иррационализм, становится фактором, тормозящим развитие научных, в том числе и физических знаний. С другой стороны, философия, ориентирующая науку на отображение объективного мира таким, каков он есть на самом деле, обосновывающая познавательную мощь человеческого разума, способствует успешному развитию науки. Именно таким является диалектический материализм.

Но имеются и другие, более тонкие формы связи философии с физикой, состоящие в том, что философские идеи непосредственно вплетаются в ткань научного мышления. Это достигается через так называемые регулятивные принципы физики.

К регулятивным принципам физики обычно относят принципы наблюдаемости, простоты, соответствия. Иногда их список расширяется за счет включения принципов инвариантности и фальсифицируемости². Но и этот перечень не является полным.

¹ См. М. В. Мостепаненко. Философия и физическая теория. Л., 1969, стр. 42.

² См. Е. А. Мамчур, С. В. Илларионов. Регулятивные принципы построения теории. Синтез современного научного знания. М., 1973.

Что представляют собой регулятивные принципы, какова их природа? Сам по себе термин «регулятивный» еще не раскрывает их содержания. Он указывает лишь на ту роль, которую играют упомянутые принципы в развитии физического познания. С точки зрения своего содержания эти принципы внутренне неоднородны. Некоторые из них, например принцип инвариантности, являются математическими. Другие носят ярко выраженный гносеологический характер (принципы наблюдаемости, соответствия, простоты).

Сторонники неопозитивистской философии признают наличие регулятивных принципов в физическом познании. Однако они сводят эти принципы и совокупности технических приемов, выходящая при этом их философское содержание. Типичным примером является неопозитивистская интерпретация принципа простоты, которая исключает основное гносеологическое начало этого принципа, заключающееся в утверждении единства знания и отражаемого им мира. Такая трактовка регулятивных принципов является частью неопозитивистской программы исключения философии из науки.

Однако неопозитивистская интерпретация регулятивных принципов не соответствует их реальному значению. Если мы обратимся к истории формирования физических теорий, то мы увидим, что эти принципы, по крайней мере некоторые из них, употреблялись в своем философском значении. Именно в таком качестве они и представляли ценность для физического знания.

Итак, среди регулятивных принципов физики можно выделить такие принципы, которые имеют гносеологический характер. Их особенность заключается в том, что они содержат рекомендации, направляющие физическое познание, формирующие метод физики. Они, естественно, отличаются от общеполитических принципов тем, что имеют более конкретную и частную формулировку. Причем разные физические теории могут иметь различные гносеологические (в упомянутом смысле) основания.

Ярким примером, характеризующим возможность физической теории иметь специфический гносеологический принцип, является механистическое мировоззрение, господствовавшее в классической физике. Согласно механицизму как гносеологическому принципу познать явления природы означает создать их механическую модель. Этому гносеологическому кредо следовали все без

исключения отрасли классической физики. Современная физика отвергает механицизм как метод познания. Вместе с тем она берет на вооружение новые специальные гносеологические установки, которых не знала или во всяком случае которыми не руководствовалась классическая физика.

Но и у фундаментальных теорий, составляющих основу современной физики, нет полного единства в гносеологических установках. Так, например, квантовая механика и теория относительности, в особенности общая, основываются на различном понимании природы физической реальности, способов ее познания, сущности причинности и ее места в физическом мире.

В дальнейшем мы будем употреблять понятие «гносеологические принципы физики» в вышеизложенном их понимании, а именно как принципы, являющиеся регулятивными для той или иной физической теории. Именно в этом плане нами будет рассмотрена проблема роли теории познания в развитии современной физики.

О роли гносеологических принципов в становлении современных физических теорий

Современные фундаментальные физические теории — специальная и общая теория относительности, квантовая механика не выведены дедуктивно из какой-либо конкретной философии. Однако они не являются и простым индуктивным обобщением одних лишь опытных данных. В их становлении важную роль сыграли гносеологические принципы. Мы не собираемся приводить полный перечень этих принципов. Рассмотрим лишь те из них, которые сыграли наиболее важную роль в становлении современной физики.

Прежде чем рассказать о гносеологических предпосылках специальной теории относительности, несколько слов о том, как создавалась эта теория. Для физики XIX в. было характерно противоречие между механикой и электродинамикой. Законы классической механики удовлетворяли принципу относительности Галилея. Этот принцип утверждал, что все инерциальные системы, т. е. системы, находящиеся в покое или движущиеся равномерно и прямолинейно, равноправны. Представим себе, что данная система отсчета K покоится, а система K^1 движется относительно нее. Согласно принципу относительности, никакими механическими опытами, поставленными в рамках K^1 , нельзя обнаружить движение этой

системы. Наблюдатель, находящийся в этой системе, мог бы с полным основанием считать, что его система находится в состоянии покоя, а система K движется равномерно и прямолинейно.

С математической точки зрения принцип относительности представлял собой утверждение о том, что законы классической механики инвариантны. Это означает, что форма этих законов будет одинаковой для всех инерциальных систем координат — как покоящихся, так и движущихся, если мы будем переходить от одной из них к другой посредством особых математических преобразований, получивших название галилеевых.

Иная картина наблюдалась в электродинамике. Там предполагалось, что свет распространяется со скоростью 300 000 км/сек относительно эфира. Эфир рассматривался как абсолютно неподвижная по отношению к пространству материальная среда. Он выступал в качестве привилегированной системы отсчета. Таким образом, электродинамика не удовлетворяла принципу относительности Галилея, который отрицал наличие привилегированных, в частности, абсолютно покоящихся систем отсчета.

В конце прошлого века американский ученый Майкельсон осуществил эксперимент, имевший целью проверить гипотезу существования мирового эфира. Мы не будем описывать сущность этого эксперимента. Отметим лишь, что в результате него был получен совершенно неожиданный и парадоксальный, с точки зрения классической физики, результат: скорость света не зависит от скорости его источника.

Парадоксальность этого результата для классической механики состоит в следующем. Из преобразований Галилея следует классический закон сложения скоростей, утверждающий, что если физический объект A движется относительно системы отсчета K^1 со скоростью V^1 , а система K^1 , в свою очередь, движется в том же направлении относительно системы K со скоростью V , то скорость A относительно K будет равна $V + V^1$. В соответствии с этим законом, если источник света движется относительно эфира, например, со скоростью 50 000 км/сек, то скорость света, измеренная в системе отсчета, связанной с источником света, равна 300 000 км/сек — 50 000 км/сек = 250 000 км/сек. Однако вопреки этим расчетам ско-

рость света оказывается равной $300\,000\text{ км/сек}$ и в движущейся, и в покоящейся системах отсчета.

Эйнштейн преодолел указанное противоречие следующим образом. Он взял за основу принцип постоянства скорости света. Вместе с тем он сформулировал требование, чтобы законы физики были инвариантными. Поскольку принцип постоянства скорости света противоречил принципу относительности Галилея, то речь могла идти не об инвариантности физических законов по отношению к преобразованиям Галилея, а об их инвариантности по отношению к другому, более общему типу преобразований — преобразованиям Лоренца.

Из преобразований Лоренца следовали выводы, изменяющие наши представления о пространстве и времени. С точки зрения классической физики пространство и время абсолютны в следующем смысле. Если мы измерим длину одного и того же стержня и промежуток времени, регистрируемый одними и теми же часами в двух системах отсчета — покоящейся и движущейся, то получим один и тот же результат. Специальная теория относительности приходит к совершенно другим выводам. С ее точки зрения пространство и время не абсолютны, а относительны. Так, длина стержня, помещенного в движущейся системе отсчета, окажется сокращенной по отношению к длине точно такого же стержня в покоящейся системе отсчета. Часы в движущейся системе отсчета будут идти медленнее по сравнению с такими же часами в покоящейся системе отсчета. Эти результаты составляют основу теории относительности.

Казалось бы, процесс создания теории относительности складывался только из эмпирических и математических процедур, которые не оставляли места для философии. В действительности, теория относительности невозможна без применения целого ряда гносеологических принципов, к числу которых прежде всего следует отнести принцип наблюдаемости.

Принцип *наблюдаемости* запрещает физике пользоваться конструкциями принципиально ненаблюдаемых объектов, если последним придается значение объектов реального мира. Иными словами, некоторое утверждение о существовании объекта считается бессодержательным, если он принципиально ненаблюдаем. Основываясь на этом негативном требовании принципа наблюдаемости, Эйнштейн отверг понятие эфира и связанную с ним

лоренцевскую интерпретацию результатов опыта Майкельсона.

Последний момент следует особо подчеркнуть. Известно, что преобразования Лоренца, выводы о сокращении длин были получены еще до работ Эйнштейна. Однако это не означает, что теория относительности была создана предшественниками Эйнштейна, например Лоренцем. Теория относительности возникает как результат глубокого философского переосмысливания и критики лоренцевской теории. Важную роль в этом процессе сыграл принцип наблюдаемости. В лоренцевской теории сокращение длины движущегося тела трактовалось следующим образом. При движении в эфире электроны сжимаются, превращаясь в сплюснутые сфероиды. Этот процесс макроскопически проявляется в сокращении твердых тел. Таким образом, сокращение стержней представлялось Лоренцу физическим процессом, который обусловлен неподвижным эфиром. Эфир здесь играл двоякую роль: он служил физической причиной, вызывающей сокращение, и выступал в качестве системы отсчета, по отношению к которой это сокращение происходило.

Лоренцевская трактовка сокращения длин стержней неудовлетворительна с точки зрения соображений философского порядка. Ее главный недостаток заключается в том, что она опиралась на понятие принципиально ненаблюдаемого эфира. Спрашивается, каким образом можно связать систему отсчета с неподвижным эфиром? Согласно опыту Майкельсона, на который опирался Лоренц, никакими опытами, в том числе и электромагнитными, нельзя определить истинное движение системы. А это значит, что любая система может считаться покоящейся относительно эфира. Таким образом, лоренцевский эфир оказывается неуловимой, а поэтому фиктивной сущностью.

При создании теории относительности принцип наблюдаемости выполнил не только негативную функцию принципа, исключающего из рассмотрения такие теоретические возможности, как лоренцевскую интерпретацию опыта Майкельсона. Его роль была одновременно и позитивной.

Принцип наблюдаемости в своей позитивной части не является тривиальным требованием связи физической теории с данными наблюдений. Действительно, физика

с самого начала своего существования ориентировалась на связь с опытом, который рассматривался как источник физических знаний и критерий их истинности. Но отнюдь не это, точнее, не только это характеризует принцип наблюдаемости. Он требует не просто установления связи теории с наблюдаемыми величинами, но чтобы в такой связи находились первичные понятия теории. Поэтому для своего осуществления он требует тщательного анализа структуры теории, выделения в ней первичных понятий.

Разные физические теории имеют различные системы первичных понятий, соединяемых непосредственно с опытом. Поэтому не существует принципа наблюдаемости, единого для всей физики, равно как ни одна физическая теория не может претендовать на монопольное право его трактовки. Следует согласиться с М. Э. Омельяновским, который писал о принципе наблюдаемости, что он «применяется не по известной, навсегда данной одной схеме, а по-разному, конкретно, вырабатывая при исследовании новых сфер явлений схемы применения каждый раз на неизвестном еще пути»¹.

Принцип наблюдаемости в определенной его форме принимается и классической физикой. Однако там его применение было ограниченным. Он не распространялся на пространственно-временные понятия, которые считались самоочевидными и в некотором смысле даже априорными. Заслуга Эйнштейна заключается в том, что он распространил требование наблюдаемости на пространственно-временные понятия, прежде всего на понятие одновременности разноместных событий. Что означает утверждение: «двое часов, одни из которых расположены в точке *A*, а другие в точке *B*, показывают одно и то же время?» По мнению Эйнштейна, это утверждение только тогда имеет реальный смысл, когда мы воспользуемся физическими процессами, например, световыми лучами, для установления контакта между часами. Эта физическая интерпретация понятия одновременности в сочетании с принципом постоянства скорости света непосредственно приводит к выводу об относительности пространства и времени, составляющему основу специальной теории относительности.

¹ М. Э. Омельяновский. О принципе наблюдаемости в современной физике. — «Вопросы философии», 1968, № 9, стр. 56.

Разумеется, нельзя проводить резкую грань различия между специальной и общей теориями относительности в отношении их гносеологических основ. Они идейно близки. Но все же надо отметить, что в становлении общей теории относительности в отличие от специальной первостепенную роль сыграл не принцип наблюдаемости, а принцип простоты.

Понятие *простоты*, подобно понятию наблюдаемости, является многозначным. Оно нередко употребляется в чисто лингвистическом или, если можно так выразиться, техническом смысле. Например, можно говорить о том, что линейное уравнение, применяемое физической теорией, проще, чем нелинейное, что четырех-вектор проще, чем тензор второго ранга, и т. д. и т. п. Эйнштейн довольно часто использует понятие простоты в этом смысле. Однако у него есть и другая интерпретация принципа простоты, созвучная с принципом английского номиналиста У. Оккама, согласно которому в научном объяснении следует всегда стремиться к тому, чтобы *вывести все следствия из наименьшего числа допущений*.

Общая теория относительности возникла из стремления Эйнштейна дать еще более общее и, в этом смысле, простое объяснение природы физической реальности по сравнению с тем, которое дала специальная теория относительности. В специальной теории относительности была достигнута инвариантность всех физических законов на основе группы преобразований Лоренца. Однако это выполнялось лишь для инерциальных систем отсчета, т. е. систем, покоящихся или движущихся равномерно и прямолинейно. Но помимо инерциальных систем отсчета, существуют еще и неинерциальные, т. е. системы, движущиеся неравномерно и по криволинейным траекториям. Эйнштейн считал, что физические законы должны быть сформулированы в форме, общей, одинаковой для всех систем отсчета, как инерциальных, так и неинерциальных. Они должны иметь общекоординатную форму, т. е. форму, одинаковую в произвольной системе координат. Этот замысел и привел Эйнштейна к общей теории относительности.

В настоящее время некоторые физики оспаривают первоначальную трактовку общей теории относительности, данную Эйнштейном. По их мнению, она *вообще* не является дальнейшим обобщением специального принципа относительности, а представляет собой определен-

ную теорию гравитационного поля¹. Оставляя этот вопрос без дальнейшего обсуждения, следует подчеркнуть, что при любой интерпретации общей теории относительности принцип простоты в его оккамовской формулировке в историческом плане сыграл важную эвристическую роль в построении этой теории. Кроме того, при любой интерпретации общей теории относительности в ней содержится существенный элемент обобщения, заключающийся в едином рассмотрении гравитации и поля сил инерции, в установлении связи материи и геометрии пространства—времени.

Как уже отмечалось, принципы наблюдаемости и простоты не исчерпывают собою всех гипотез, составляющих философский фундамент теории относительности. Перечень принципов и идей, составляющих философские основания теории относительности, является более обширным. М. В. Мостепаненко включает сюда идеи континуальности материи, движения, идею относительности пространства и времени, идею непрерывности причинно-следственных связей и идею материального единства мира². Многие авторы считают одной из важнейших философских предпосылок теории относительности реляционную концепцию пространства и времени. Нам представляется, что некоторые из отмеченных принципов и идей могут рассматриваться как следствие принципов наблюдаемости и простоты.

Возьмем, например, реляционную концепцию пространства и времени, входящую в философский фундамент теории относительности. Она утверждает, что пространство и время не являются самостоятельными субстанциями, а представляют собой совокупность отношений между объектами и их состояниями. Эта концепция может рассматриваться как прямое следствие принципа наблюдаемости, экстраполированного на область пространственно-временных понятий. Действительно, из принципа наблюдаемости непосредственно следует бессодержательность понятий абсолютного пространства и времени, поскольку пространство и время в их «чистом» виде принципиально ненаблюдаемы. Одновременно ин-

¹ См. В. А. Фок. Теория пространства, времени и тяготения. М., 1961, стр. 496—505.

² См. М. В. Мостепаненко, Философия и физическая теория, стр. 159.

терпретация пространственно-временных понятий на множестве физических объектов и процессов, также предписываемая принципом наблюдаемости, влечет за собой понимание пространства и времени как совокупности физических отношений между физическими объектами.

Гносеологические соображения сыграли важную роль и в создании третьей фундаментальной физической теории — квантовой механики. Анализ квантовой механики показывает, что большое влияние на нее оказала теория относительности. Это влияние относится, в частности, в привлечении внимания к проблеме наблюдаемости. Принцип наблюдаемости, находящийся у истоков специальной теории относительности, имеет важное значение и для становления квантовой механики. Но он здесь приобретает новые черты, отличающие его от принципа наблюдаемости в теории относительности.

Квантовая механика была создана на основе изучения законов движения микрообъектов, точнее — электронов. Ей предшествовали глубокие исследования Н. Бором атома и характера излучения им энергии.

Н. Бор обратил внимание на то, что с точки зрения классической физики атом не может существовать как стабильная система. Вращающиеся вокруг атомного ядра электроны должны непрерывно излучать, терять энергию и в конечном счете упасть на атомное ядро. Но это не происходит. Следовательно, классическая физика не применима для описания излучения связанных в атомах электронов.

С точки зрения Бора, атом не может непрерывно излучать. Он может находиться лишь в определенных дискретных энергетических состояниях. При этом переход из одного состояния в другое состояние сопровождается излучением, которое соответствует некоторой спектральной линии частоты. Для каждого атома существует такой уровень энергии, при котором атом не излучает.

Боровская теория позволила объяснить стабильность атома. Она вскрыла закономерности спектральных линий. Однако этой теории было свойственно противоречие. С одной стороны, она оперировала с электроном как с частицей, движущейся по классической орбите с определенной скоростью. С другой стороны, законы излучения странным образом отличались от классических.

По мнению Гейзенберга, который является одним из создателей квантовой механики, одна из основных при-

чин несостоятельности теории Бора заключается в том, что она имеет дело с величинами, которые являются принципиально ненаблюдаемыми. Картина боровских орбит движения электронов как некоторых частиц с определенной скоростью не может быть установлена, так как реальное физическое измерение приводит к ее разрушению. М. Борн, характеризуя гносеологическую установку Гейзенберга, приведшую его к квантовой механике, пишет: «При построении логически непротиворечивой схемы атомной механики в теорию нельзя вводить никаких величин, кроме физических наблюдаемых — нельзя, скажем, вводить орбиту электрона, но следует отпираться лишь от наблюдаемых частот и интенсивностей линий, излучаемых атомом. Исходя из этого принципа, Гейзенберг заложил основы теории... — так называемой матричной механики, призванной заменить механику Бора и необычайно успешной во всех ее применениях»¹.

Как уже отмечалось, принцип наблюдаемости в квантовой физике отличается от аналогичного принципа в теории относительности. Одна из его особенностей заключается в следующем. Требование наблюдаемости в теории относительности заключалась, в частности, в том, что пространственно-временные понятия должны получить реальное физическое определение. Например, для установления одновременности двух разноместных событий необходимо задать определенный физический процесс — посылку световых сигналов. Требование наблюдаемости в квантовой механике заключается в придании реальному физическому смысла самой процедуре измерения. При измерении меняется состояние исследуемого микрообъекта. В результате этого наблюдаемым, а значит, и физически значимым является не микрообъект «сам по себе», а микрообъект, измененный процедурой измерения.

Гносеологические принципы физических теорий и диалектический материализм

Хотя гносеологические регулятивные принципы, лежащие в основаниях физической теории, и обладают специфическими особенностями, отличающими их от общепhilosophических принципов, они не отделены от последних непроходимой пропа-

¹ М. Борн. Атомная физика. М., 1965, стр. 155—156.

стью. Напротив, они развиваются не только в рамках физического знания, но и в контексте философии. Это является одной из предпосылок влияния, которое оказывает философия на физику. Влияние философии осуществляется не только через интерпретацию физических результатов, но и, это главное, через формирование гносеологических гипотез, принадлежащих к основаниям физики.

Как происходит формирование оснований физики в связи с тем влиянием, которое оказывает на физику философия? С чисто логической точки зрения это, казалось бы, должно выглядеть так. Реальной предпосылкой для включения данного принципа в основания физической теории должна служить та философия, в рамках которой этот принцип получает наиболее разумное толкование. Но исторически это происходит не всегда таким образом. Гносеологические принципы физических теорий разрабатываются обычно творцами этих теорий. Гносеологическое кредо физиков, определяющее стиль и метод их научного мышления, складывается под влиянием многих обстоятельств. Эти обстоятельства во многом оказываются случайными с точки зрения логики взаимоотношения философии и физики. При этом, как показывает история науки, на мировоззрение физиков в капиталистическом обществе оказывает влияние идеалистическая философия. Например, на Эйнштейна оказали влияние некоторые философские установки Юма, Канта и Маха. Бор говорил о влиянии на него философии Гегеля. Гейзенберг в ряде случаев положительно отзывался о позитивизме, объективном идеализме.

Хотя при формулировке принципов наблюдаемости и простоты основоположники современной физики не опирались, по крайней мере в явной форме, на диалектический материализм, данные принципы могут быть в полной мере поняты только в рамках этой, подлинно научной философии. Это следует особо подчеркнуть потому, что представители неопозитивистской философии науки пытаются утвердить свою монополию на философскую разработку указанных принципов. Неопозитивисты представляют дело так, что современная наука, в том числе и теория относительности, принимает их гносеологическую концепцию. Так, Ф. Франк в своей статье «Эйнштейн, Мах, логический позитивизм» называет

принцип наблюдаемости «позитивистским требованием»¹.

Неопозитивистская философия, действительно, оперирует понятиями наблюдаемости и простоты. Более того, в работах некоторых ее представителей можно найти интересную характеристику логической структуры этих принципов. Но общефилософская их оценка, даваемая неопозитивизмом, неудовлетворительна. Неудовлетворительна потому, что неопозитивизм сводит указанные принципы к чисто логическим регулятивам, игнорируя при этом их объективные основания.

Важнейшей особенностью диалектико-материалистического подхода к принципам наблюдаемости и простоты является выявление их объективного содержания. С диалектико-материалистической точки зрения эти принципы успешно служат целям научного исследования и выполняют эвристическую функцию потому, что они отражают определенные аспекты объективного мира.

Значение принципа наблюдаемости в гносеологической плоскости понятно. Он выражает требование связи теоретического знания с эмпирическим. Но есть ли у него объективные основания? На наш взгляд, его объективные предпосылки могут быть сформулированы на языке категорий явления и сущности. Эти два аспекта действительности находятся в диалектической связи между собой: сущность всегда выражается через явление. Объективная предпосылка принципа наблюдаемости состоит в том, что нет сущности без явления.

Когда в физической теории принципиально ненаблюдаемые объекты квалифицируются как несуществующие, то этому утверждению обычно придается следующее значение. В теории вводится определенный критерий содержательности утверждений о существовании, согласно которому утверждение о существовании данного объекта лишь тогда имеет смысл, когда объект принципиально наблюдаем. С точки зрения данного критерия утверждение о существовании принципиально ненаблюдаемого объекта лишено смысла. Отрицание принципиально ненаблюдаемого объекта оказывается эквивалентным отсутствию смысла у соответствующего суждения о его существовании.

¹ P. Frank. Einstein, Mach and Logical Positivism, Albert Einstein: Philosophen — scientist, L., 1970, p. 273.

В известных рамках такое решение проблемы оказывается достаточным. Неопозитивизм односторонне канонизирует его. Но с точки зрения диалектического материализма проблема наблюдаемости имеет более глубокие основания. Принципиально ненаблюдаемые объекты — это сущности без явления. Они должны исключаться из теории не только в силу специальных логических критериев, определяющих смысл экзистенциальных высказываний (т. е. суждений о существовании), но и по более общим причинам философского порядка, а именно потому, что сущности без явления лишены статуса реальности.

По вопросу об объективных основаниях принципа простоты ведутся философские дискуссии. Некоторые физики и философы считают, что природа проста. Поэтому принцип простоты как принцип построения теории имеет объективные основания. Такой точки зрения придерживался, например, Эйнштейн. С другой стороны, противники изложенной точки зрения утверждают, что сама природа не является простой. Требование простоты отражает лишь наше стремление к наиболее удобному описанию природы. Сторонником этой точки зрения является известный французский физик Л. Бриллюэн.

Нам представляется, что в спорах по поводу объективных оснований принципа простоты не всегда учитывается многозначность этого понятия. Разумеется, если мы будем трактовать простоту в чисто психологическом смысле, то было бы неправильно экстраполировать ее на природу. Сама природа в этом смысле не является ни простой, ни сложной. Термин «простота» будет характеризовать лишь наше субъективное восприятие.

Но мы должны сделать совершенно другой вывод об отношении понятия простоты к реальному миру, если дадим ему оккамовскую интерпретацию. Принцип простоты в его оккамовской версии требует объяснения многого с единой точки зрения. Например, выявления общих причин многих фактов, выведения различных следствий из небольшого числа принципов и т. п. В этом случае принцип простоты не является чисто субъективным требованием. Он имеет под собой объективные основания — реальное единство мира, находящее свое выражение в наличии в природе общих законов.

Однако признание связи принципа простоты с законами природы еще не приводит к однозначному реше-

нию проблемы его объективных оснований. Существование законов признается не только диалектическим материализмом, но и противоположными ему философскими концепциями, например, неопозитивизмом. Весь вопрос в том, какова сущность этих законов.

Неопозитивисты утверждают, что законы природы представляют собой лишь теоретические конструкции. Например, по мнению Карнапа, то, что называют обычно физическими законами, есть не что иное, как условные высказывания¹. Сами по себе законы ничего в реальном мире не отражают. Они лишь приводят в порядок эмпирические факты. Таким образом, если неопозитивист и согласится с тем, что простота научного знания связана с законами природы, — это не означает, что он тем самым признает объективные основания простоты. Простота, основанная на законах, так же, как и сами законы, является, с его точки зрения, продуктом творчества интеллекта.

С точки зрения диалектического материализма, законы природы — это не субъективные конструкции, созданные человеком, а объективные регулярности, существующие вне и независимо от сознания человека. Они присущи самой природе и, как аспект реального мира, представляют собой объективные, устойчивые повторяющиеся связи между существенными сторонами явлений. Законы являются важной формой выражения объективного единства природы.

Именно потому, что природа обладает объективным единством, единым должно быть и знание о природе. Это и находит свое выражение в принципе простоты, требующем сведения многого к единому, объяснения разнородных фактов с единой точки зрения. Диалектико-материалистическая концепция единства мира проливает свет на истоки настойчивого стремления ученых к простоте в ее оккамовском понимании. Стремление к простоте отражает тенденцию к более полному и адекватному описанию реального мира, являющемуся главной целью научного познания.

Таким образом, возникновение фундаментальных физических теорий нашего времени — теории относительности, квантовой механики — нельзя объяснить с чисто эмпирической точки зрения. В их становлении важную

¹ См. Р. Карнап. Философские основания физики. М., 1971, гл. 1.

роль сыграли не только новые факты, не укладывающиеся в рамки классической физики, но и «неэмпирические» факторы, прежде всего принципы наблюдаемости и простоты. Эти принципы, именуемые регулятивными, имеют гносеологический характер. Они определяют цели и методы физического познания. Вместе с тем их нельзя сводить к чисто субъективным предписаниям познавательному процессу. Они имеют под собой объективную основу.

Объективное содержание принципов наблюдаемости и простоты раскрывается в системе категорий материалистической диалектики таких, как явление и сущность, закон и единство мира. Это свидетельствует о том, что гносеологические принципы физики не только не чужды диалектике, а напротив, имеют диалектическое содержание.

В рамках оснований физики принципы наблюдаемости и простоты могут выступать в различных своих формах. Так, они имеют различный вид для теории относительности и квантовой физики. Диалектический материализм не определяет специфическую форму этих принципов для той или иной конкретной теории. Эта форма связана с внутренней логикой научной теории. Однако общее содержание гносеологических принципов физики может быть в полной мере понято в рамках философии диалектического материализма.

ЛОГИКО-ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТИВЫ В СТРУКТУРЕ НАУЧНОГО ОБЪЯСНЕНИЯ

Гносеологические принципы не только играют важную роль в становлении физических теорий. После того как теория создана, они сохраняют значение регулятивов, определяющих характер ее функционирования. Мы рассмотрим их значение как ограничителей конвенционального (условного) элемента в физическом познании и как критериев, определяющих содержательность и осмысленность физических высказываний.

Гносеологические ограничения конвенционального элемента в физическом познании

Хотя важнейшей задачей физической теории является адекватное описание фактов и предсказание новых опытных данных, опыт не определяет полностью содержания физических теорий. Он оставляет место для конвен-

ционального элемента — известной свободы в принимаемых соглашениях относительно определений и трактовки физических понятий. Конвенции не следует смешивать с конвенционализмом как идеалистической концепцией, отрицающей объективность истины. Конвенциональный момент внутренне присущ научному познанию. Наличие его нельзя игнорировать. Без учета конвенций нельзя в полной мере понять диалектику современного физического познания.

Конвенциональность в физике проявляется в различных формах. Иногда она приводит к созданию нескольких эквивалентных описаний, различающихся только характером применяемого языка. Примером этого являются различные формулировки квантовой механики — матричная (Гейзенберг) и волновая (Шредингер). Но в некоторых ситуациях конвенции существенно изменяют содержание теории, хотя с точки зрения опыта ни одному из получаемых при этом описаний нельзя отдать предпочтения. В этом случае «в игру» вступают гносеологические принципы, которые выполняют функцию своеобразных ограничений, накладываемых на конвенции, функцию критериев отбора из нескольких эмпирических эквивалентных описаний одного описания, являющегося наиболее предпочтительным. Мы проиллюстрируем их роль на примере решения двух фундаментальных проблем современной физики — проблемы одновременности в специальной теории относительности и проблемы физической геометрии в общей теории относительности. Рассмотрим сначала первую из них.

Конвенции и одновременность. Понятие одновременности является ключевым в специальной теории относительности. Именно на основе анализа этого понятия Эйнштейн дал обоснование основных выводов своей теории относительности — относительности пространства и времени.

В каком смысле два события, происшедшие в двух различных точках пространства, могут считаться одновременными? Например, что означает следующее утверждение: «двое идентичных часов, расположенных в разных точках, показывают одно и то же время?» Классической физике понятие одновременность представлялось интуитивно ясным и не требующим логического анализа. Одна из заслуг Эйнштейна заключалась в том, что он первый обратил внимание на необходимость

уточнения этого понятия на основе специального определения. Определение понятия одновременности, данное Эйнштейном, состоит в следующем. Пусть в точках A и B (рис. I) расположены двое идентичных часов (вертикальные прямые представляют мировые линии часов, на которые наносятся их показания). В момент времени t_1 (событие E_1) световой сигнал посылается от часов в точке A , к часам в точке B (событие E) и, отразившись, возвращается обратно в момент времени t_2 (событие E_2). Согласно Эйнштейну, часы A и B идут синхронно, т. е. показывают одно и то же время, если в момент прибытия светового сигнала из A в B часы B показывают время $\frac{t_1 + t_2}{2}$.

Это значит, что событие E одновременно с некоторым событием E' . Эйнштейново определение одновременности подразумевает, что скорость света от A до B равна скорости света от B до A . Если мы обозначим первую \vec{C} , а вторую \vec{C}' , то вышеизложенное допущение может быть записано в виде равенства $\vec{C} = \vec{C}'$.

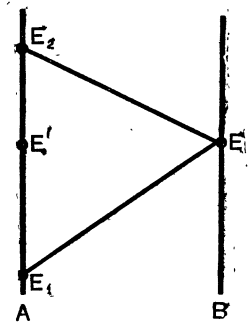


Рис. I.

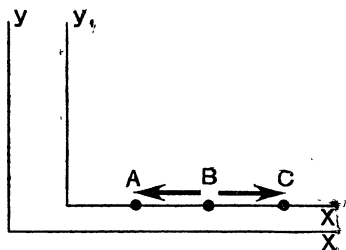


Рис. II.

Эйнштейн показал, что одновременность разноместных событий относительна, т. е. имеет различное значение в различных системах отсчета. Так, два события, одновременные в одной системе отсчета, неодновременны в другой. К этому выводу Эйнштейн пришел на основе введенного им определения одновременности и принципа постоянства скорости света, согласно которому скорость света не зависит от скорости источника и

имеет одинаковое значение для всех инерциальных систем.

Это может быть проиллюстрировано следующим образом (рис. II). Система координат X_1Y_1 движется относительно системы координат XU с постоянной скоростью вдоль оси X . Из точки B в точки A и C отправляются световые сигналы. Поскольку, согласно эйнштейнову определению одновременности, скорости света в двух противоположных направлениях равны ($\vec{C} = \vec{C}$), то в системе X_1Y_1 свет придет в A и C одновременно. Иная картина будет наблюдаться в системе XU . В силу принципа постоянства скорости света скорость света будет равна C в движущейся и покоящейся системах координат. Но в таком случае наблюдатель в XU зарегистрирует, что свет сначала достигнет точки A (A движется в направлении к свету), а затем точки B (B удаляется от светового сигнала). Таким образом, события, состоящие в достижении световыми сигналами точек A и C , одновременные в X_1Y_1 , будут неодновременными в XU .

Из относительности одновременности вытекают основные следствия специальной теории относительности. Так, например, отсюда следует, что длина движущегося стержня будет различной для разных систем отсчета. Действительно, длина — это не просто расстояние между двумя точками, но между точками, зафиксированными в одно и то же время. Поскольку одновременность относительна, то относительной будет и длина стержня. Если мы измерим длину движущегося стержня, то обнаружим, что она будет более короткой по сравнению с его длиной в состоянии покоя. Если Лоренц объяснял сокращение длин стержней посредством ненаблюдаемого эфира, то Эйнштейн это делает посредством измеряемой одновременности.

Из двух предпосылок относительности одновременности вторая, представляющая собой формулировку принципа постоянства скорости света, допускает эмпирическую проверку. Она подтверждена опытом Майкельсона. Но можно ли сказать то же самое об эйнштейновом определении одновременности? На первый взгляд на этот вопрос следует ответить положительно. Действительно, эйнштейново определение одновременности является своеобразной формулировкой постоянства скорости света, только не при переходе от одной

инерциальной системы к другой, а в рамках одной выбранной инерциальной системы. Однако такой ответ неправилен. Утверждение о равенстве скоростей света в двух противоположных направлениях, лежащее в основе эйнштейнова определения одновременности, не допускает прямой эмпирической проверки.

Здесь нужно иметь в виду следующие обстоятельства. Во-первых, когда мы в момент t_1 посылаем световой сигнал из точки A в точку B , а затем принимаем отраженный сигнал в момент времени t_2 , то это дает нам возможность вычислить лишь среднюю скорость света туда и обратно. Это мы делаем, взяв отношение удвоенного расстояния от A до B ко времени, которое световой сигнал затрачивает на прохождение расстояния от A до B и обратно. $\frac{2AB}{t_1 + t_2} = C$. Но сам по себе этот эксперимент еще не доказывает, что свет распространяется с одинаковой скоростью от A до B и от B до A , т. е. что имеет место равенство $\vec{C} = \vec{C}$. Полученное эмпирическое значение скорости совместимо с такой гипотетической ситуацией: от A до B свет распространяется со скоростью, большей C , а обратно — меньшей C . В итоге мы могли бы получить то же самое среднее значение скорости света, что и при равенстве $\vec{C} = \vec{C}$.

Во-вторых. Если строго подходить к данному вопросу, то равенство $\vec{C} = \vec{C}$ вообще непосредственно эмпирически непроверяемо. До определения одновременности мы не вправе пользоваться понятием скорости вообще, в том числе и скорости света. Понятие скорости является производным от понятий расстояния и времени. Если время в данной точке мы можем измерить на основе какого-либо периодического процесса, выбранного нами в качестве часов, то для определения расстояния между двумя точками мы должны установить условие одновременности событий, происходящих в этих точках, так как расстояние представляет собой не просто длину между некоторыми точками, но между точками, определенными в один и тот же момент времени.

Таким образом, невозможность проверки утверждения об одновременности двух пространственно разделенных событий следует из дефинициального статуса этого утверждения. В связи с этим обстоятельством возникает вопрос о степени его произвольности.

Одним из первых, кто обратил внимание на конвенциональный статус одновременности, был немецкий философ Г. Рейхенбах, являющийся видным специалистом в области оснований теории относительности. Им разработана теория одновременности, которая оказала большое внимание на многие исследования в этой области. Ввиду того, что эта теория занимает центральное место в дискуссиях по проблеме одновременности, мы остановимся на ней несколько подробнее.

Рейхенбах формулирует свою концепцию одновременности на основе развития им причинной теории времени. Согласно этой теории во временном порядке находятся лишь те события, между которыми можно установить причинные отношения. Если событие A является причиной B , то это означает, что A предшествует B во времени. На причинные отношения Рейхенбах накладывает ограничение, заключающееся в том, что скорость причинного действия не может превышать скорости света в вакууме. Из этого следует, что причинные отношения не могут быть установлены между любыми парами событий. События, которые разделены так называемым пространственно-подобным интервалом, вообще не могут находиться в причинных отношениях. С точки зрения причинной теории времени, между такими событиями отсутствует и отношение временного порядка. На этом основании Рейхенбах вводит следующее определение одновременности: любые два события, для которых временной порядок является неопределенным, считаются одновременными¹. Этот вид одновременности Рейхенбах называет топологической одновременностью.

В каком отношении топологическая одновременность Рейхенбаха находится к одновременности Эйнштейна? Различие между ними может быть показано на схеме 1, характеризующей эйнштейновское определение одновременности. С точки зрения Рейхенбаха, событие E^1 не является единственным событием, одновременным с E . Поскольку невозможно в силу предельности скорости передачи причинного действия установить причинные отношения между E и любым событием в интервале между событиями E_1 и E_2 , то все они (а не только событие E^1) топологически одновременны с E . Это непо-

¹ См. H. Reichenbach, The philosophy of space and time, N.-Y., 1957, p. 144.

средственно вытекает из определения одновременности, введенного Рейхенбахом.

Таким образом, по Рейхенбаху, не существует истинной одновременности данного события с другим событием. Мы всегда вправе считать, что событие E одновременно, например, не с E^1 , а с любым событием в промежутке E_1 и E_2 . Такое определение, правда, будет означать, что скорость света от A до B не равна скорости света от B до A . Но проверить скорость света туда и обратно на основе реальных измерений мы, в принципе, не можем. С нашими опытами допустимы любые значения \vec{C} и \vec{C} . С точки зрения опыта важно лишь значение эмпирически определяемой средней величины

$$C = \frac{\vec{C} + \vec{C}}{2}.$$

Несмотря на возможность различных определений одновременности, Эйнштейн выбрал одно, основанное на предположении равенства $\vec{C} = \vec{C}$. Что обуславливает выбор в данной инерциальной системе эйнштейнова определения одновременности? Конечно, этого требуют не эмпирические факты, взятые сами по себе. Они могут быть описаны эквивалентным образом с использованием различных определений одновременности. И в этом Рейхенбах прав. Однако Эйнштейново определение одновременности гарантирует, что физические законы могут быть сформулированы как законы, инвариантные относительно некоторой группы преобразований (группы Лоренца), т. е. обеспечивает выполнение принципа относительности. Отказ от эйнштейнова определения исключает формулировку инвариантных законов и принципа относительности.

Если к свойству инвариантности физических законов отнестись лишь как к некоторой детали научного языка, не отражающей ничего в природе, то следует принять концепцию Рейхенбаха. С точки зрения философии эмпиризма, которой придерживается Рейхенбах, объективную значимость имеют только эмпирические факты. В то же время физические законы не имеют никаких референтов в реальном мире. Они представляют собой лишь логические схемы, приводящие в систему эмпирические факты.

Однако если исходить из философской установки,

согласно которой физическим законам соответствуют объективно-реальные референты, из установок, принимающей принцип относительности как формулировку закона природы, то конвенциональной свободе в выборе определений одновременности приходит конец. Конечно, с чисто формальной точки зрения и в этом случае можно ввести различные определения одновременности в рамках одной инерциальной системы, но физически (в смысле согласованности с физическими законами) они будут неэквивалентными.

Б. Б. Кадомцев, Л. В. Келдыш, И. Ю. Кобзарев, Р. З. Сагдеев в заметке, опубликованной в журнале «Успехи физических наук», характеризуют ситуацию, возникшую в результате отказа от эйнштейнова определения одновременности и введения общей одновременности для покоящейся и для движущейся инерциальных систем (формулировка специальной теории относительности в галилеевых координатах), следующим образом: «При этом приносится в жертву инвариантность описания. Формально математически это возможно. Однако с точки зрения физики потеря простоты математической структуры теории, отказ от групповых свойств преобразования Лоренца и тем самым принесение в жертву адекватного описания свойств симметрии пространства—времени настолько усложняет картину, что соответствующую формулировку теории нельзя признать пригодной для практического использования. Ситуация здесь напоминает известное соотношение между системами Птолемея и Коперника»¹.

Таким образом, общетеоретические, в том числе и гносеологические, соображения играют важную роль в решении проблемы одновременности. Они накладывают ограничения на конвенциональную свободу в определении одновременности, допускаемую рамками опыта.

Конвенции и физическая геометрия. Проблема конвенций возникает не только в специальной, но и в общей теории относительности. Здесь конвенциональный момент связан с решением вопроса о геометрии физического пространства.

¹ Б. Б. Кадомцев, Л. В. Келдыш, И. Ю. Кобзарев, Р. З. Сагдеев. По поводу статьи А. А. Тяпкина «Выражение общих свойств физических процессов в пространственно-временной метрике специальной теории относительности», УФН, т. 106, вып. 4, 1972, стр. 661—662.

Общая теория относительности открыла связь, существующую между физическими видами материи и геометрическими свойствами пространства. Эта связь состоит в следующем. Материальные массы создают гравитационное поле. Гравитация же проявляет себя в виде кривизны пространства. Понятие кривизны в данном случае означает не искривление пространства в буквальном смысле слова, а отличие его метрики от евклидовой. Пространство, обладающее ненулевой кривизной, является неевклидовым.

Существуют различные типы неевклидовых пространств — пространство Лобачевского, характеризующееся отрицательной кривизной, и пространство Римана, имеющее положительную кривизну. В современной релятивистской космологии — космологии, построенной на основе общей теории относительности, — тип неевклидовой геометрии связан с определенным значением средней плотности материи в метagalактическом пространстве. Так, при плотности, меньшей, чем величина 10^{-29} г/см^3 пространство имеет отрицательную кривизну, а при большей — положительную¹.

Поскольку значение средней плотности вещества определяется на основе опыта, то может показаться, что проблема физической геометрии носит чисто эмпирический характер. Однако в решении этого вопроса принимают участие не одни лишь опытные данные. Существенную роль здесь играют теоретические соображения, включающие в себя конвенциональный момент. Изменение принимаемых конвенций может оказать существенное влияние на общее решение проблемы геометрии пространства.

Из геометрии нам известно, что одно и то же пространство может быть метризовано различным образом. Представим себе внутреннюю область круга на евклидовой плоскости. Метрика круга может считаться евклидовой. Однако мы можем ввести для этого круга и другую метрику, отличную от евклидовой. Немецкий ма-

¹ Связь между значением кривизны и средней плотностью установлена релятивистской теорией эволюционирующей вселенной. Эта связь выражается уравнением $\frac{K}{R^2} = \frac{1}{3} \chi \rho_0 - H^2$, где $\frac{K}{R^2}$ — гауссова кривизна трехмерного пространства, ρ — средняя плотность вещества, H — постоянная Хаббла, χ — релятивистская гравитационная постоянная.

тематик Г. Клейн показал, что внутренняя область круга может рассматриваться как плоскость, имеющая геометрию Лобачевского, если мы примем соответствующее правило измерения расстояний между точками хорд круга. Оно состоит в том, что измерительный эталон, перемещаемый вдоль хорды, уменьшается по мере приближения к окружности. В результате мы можем уложить вдоль нее бесконечное число эталонов, и хорда относительно этого закона измерения окажется бесконечной. Хорды поэтому могут в данном случае рассматриваться как бесконечные прямые. Для круга Клейна мы можем осуществить следующее построение: через точку, лежащую вне данной прямой, можно провести множество не пересекающих ее прямых. Это построение будет означать реализацию неевклидова постулата о параллельных.

Таким образом, решение вопроса о метрике пространства существенно зависит от способа его измерения. Причем в основе процедуры измерения лежат так называемые аксиомы конгруэнтности, определяющие равенство отрезков, находящихся в разных местах пространства. Если мы будем измерять пространство самоконгруэнтным отрезком, т. е. отрезком, не изменяющим свою длину при его переносе как измерительного эталона, то мы получим один результат. Если же наш отрезок не будет самоконгруэнтным, а будет изменять свою длину в процессе измерения, то результат метризации пространства может быть совершенно другим.

Вышеизложенное рассуждение мы могли бы применить и в общей теории относительности. Хотя опыт говорит нам о том, что матегалактическое пространство имеет неевклидову геометрию, мы могли бы в принципе избрать такой закон его измерения, основанный на необычных правилах конгруэнтности, что получили бы, например, евклидову метрику. Спрашивается, что нас заставляет ограничить свободу в выборе законов измерения пространства и отдать предпочтение одному из возможных определений конгруэнтности?

Здесь мы опять вынуждены прибегнуть к «неэмпирическим» соображениям. Хотя различные геометрии дают одинаково непротиворечивое описание пространственной структуры мира, они неравноценны. Геометрия, введенная на основе общей теории относительности, имеет привилегированный характер. Эта геометрия описывает

структуру реального физического поля — поля тяготения. Она определяется материальными массами, создающими это поле. Выбор такой геометрии как привилегированной основан не только на эмпирических фактах, но и на философском принципе, согласно которому пространство, а значит, и его геометрическая структура — суть свойства материи.

Привилегированная геометрия, выбранная на основе общей теории относительности, удовлетворяет и еще одному важному гносеологическому принципу — принципу простоты в его оккамовской формулировке. Она делает возможным единое описание физических фактов. Между тем как другие геометрии приводят к усложнению описания мира, в рамках которого появляются ненаблюдаемые фиктивные силы, цель введения которых состоит в том, чтобы подогнать физические факты под произвольно выбранную геометрию. В данном случае опять-таки напрашивается аналогия с двумя различными описаниями мира — коперниковским и птолемеевским. «Необычные» геометрии, вводимые вместо «естественной» геометрии общей теории относительности, находятся в таком же отношении к реальному пространству, в каком находится птолемеевская система к реальной структуре мира.

В заключение обсуждаемой темы вновь вернемся к вопросу о соотношении конвенций и конвенционализма. Как уже отмечалось, признание конвенций в физическом познании не означает конвенционализма, являющегося одной из идеалистических концепций. Но преувеличение, абсолютизация конвенционального момента приводит к конвенционализму.

В. И. Ленин указывал, что идеализм имеет корни в самом процессе познания. Он писал: «...С точки зрения *диалектического* материализма философский идеализм есть *одностороннее*, преувеличенное... развитие (раздувание, распухание) одной из черточек, сторон, граней познания в абсолюте, *оторванный* от материи, от природы, обожествленный»¹. Ленинская характеристика гносеологических корней идеализма полностью применима и к конвенционализму, который подобно другим разновидностям идеализма возникает через преувеличение и

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 322.

абсолютизацию одного из реальных моментов человеческого познания.

Конвенционализм в его общем виде — это разновидность идеализма, отрицающая объективность истины, утверждающая, что истина является продуктом соглашений между людьми. В вопросе о геометрии конвенционализм проявляется в том, что геометрии как концептуальные системы, считаются априорными. Согласно конвенционалистской концепции различные геометрии не являются ни истинными, ни ложными, а более или менее удобными средствами описания реального мира. Точка зрения конвенционализма нашла поддержку у французских физиков А. Пуанкаре и П. Дюгема. Так, Пуанкаре, например, считал, что никакие физические опыты не могут отвергнуть евклидову геометрию, верность которой физик сохранит навсегда. Однако практика развития науки показала другое. Теория относительности Эйнштейна явилась важным доказательством того, что более адекватным отражением структуры реального физического пространства является неевклидова геометрия.

Гносеологические принципы физических теорий, ограничивающие конвенциональный элемент в научном познании, вместе с тем объективно направлены против конвенционализма. Это еще лишний раз свидетельствует о том, что физика идет в силу законов своего внутреннего развития к материализму, причем материализму диалектическому.

Логико-гносеологические критерии содержательности физических утверждений

Роль гносеологических принципов не сводится к функции ограничителя конвенционального момента в процессе познания. Эти принципы определяют критерии содержательности и осмысленности физических предложений.

Науку можно рассматривать как некоторую систему высказываний. Однако не любых высказываний, а таких, которые имеют определенный смысл. Бессмысленные высказывания исключаются из научного знания. В физико-математических науках важное значение придается критериям, определяющим осмысленность (содержательность) утверждений о существовании объектов. Причем для различных физико-математических теорий эти критерии могут быть разными. Например, в классической математике утверждение о существовании математического объекта (число, функция и т. д.) считается осмыс-

ленным, а сам объект существующим, если оно удовлетворяет некоторому непротиворечивому условию. Такой критерий является, однако, неудовлетворительным с точки зрения конструктивной математики. Согласно последней, утверждение о существовании математического объекта имеет смысл лишь в том случае, когда имеется метод, алгоритм его построения.

В физике так же, как и в математике, имеются определенные критерии, правила, определяющие, какие утверждения о существовании физических объектов являются осмысленными, а какие нет. Здесь существенными являются соображения, определяющие способы эмпирического обоснования утверждений, связи их с наблюдениями и экспериментами. Эти критерии, вообще говоря, различны для разных физических теорий, хотя некоторые из них являются общими для всей современной физики.

Прежде всего рассмотрим критерии осмысленности физических высказываний, которые лежат в основе теории относительности. Эйнштейн считал, что в ней нашли свое воплощение наиболее характерные черты метода современного научного познания и связанные с ним критерии осмысленности физических высказываний. Этот метод характеризуется выдвиганием на первый план теоретико-математического начала. Теоретические объекты физики формулируются на основе математики конструктивным путем. Их нельзя рассматривать как результат чисто индуктивных обобщений опытных данных. Они связаны с опытом лишь через эмпирические следствия, вытекающие из теории. При этом данный метод вовсе не требует, чтобы каждое теоретическое положение физики получало непосредственную эмпирическую интерпретацию. Знание теоретических конструктов является «многоэтажным». Лишь «первые этажи», представленные первичными понятиями и утверждениями, должны быть связаны с наблюдаемыми в опыте явлениями. Что же касается понятий, принадлежащих к более высоким «этажам» теории, то они не имеют непосредственной эмпирической интерпретации. Причем их роль может быть чисто вспомогательной.

Для выяснения степени общности критериев содержательности и осмысленности физических высказываний, возможности применения их ко всей физике, целесообразно рассмотреть их критику с позиций операционализма. Эта критика направлена главным образом против

теории относительности, в которой упомянутые критерии и метод получили свое наиболее полное выражение.

Первым, кто выступил с критикой общей теории относительности с позиций операционализма, был основоположник этого направления в философии физики П. Бриджмен. По мнению П. Бриджмена, наиболее уязвимым местом общей теории относительности является не ее математический аппарат, а философские основания, которые привели к его созданию¹.

Исходным пунктом критики Бриджменом общей теории относительности является сформулированный им операционалистский критерий значения физических понятий. Согласно ему любое понятие физики только тогда имеет содержание, когда указаны операции, позволяющие оперировать с ним. При этом под операциями понимаются прежде всего действия, приближенные к реальной приборной ситуации. Основываясь на операционалистском критерии значения физических понятий, Бриджмен проводит резкое различие между специальной теорией относительности и общей теорией относительности. Понятия, которыми оперирует специальная теория относительности, удовлетворяют операционалистскому критерию. Более того, именно специальная теория относительности, по мнению Бриджмена, является естественной предпосылкой идеологии операционализма. Этого, однако, нельзя сказать об общей теории относительности, которая сплошь и рядом пользуется неоперациональными понятиями, а именно, понятием события, системы координат (вместо физического понятия системы отсчета), ковариантными законами, сформулированными для произвольных систем координат, геометризованным гравитационным полем, которому придается значение объективной реальности и т. д.

Операционализм П. Бриджмена нашел поддержку у Л. Бриллюэна в его книге «Новый взгляд на теорию относительности». Отмечая, что физика как наука ориентируется на изучение наблюдаемых величин, Бриллюэн критически оценивает определения наблюдаемых, которыми пользуется современная физика и прежде всего общая теория относительности. Он пишет: «В этом вопросе

¹ P. W. Bridgman. Einstein's theories and the operational point of view; Albert Einstein: Philosopher — scientist. Camb. L., 1970, p. 377.

я придерживаюсь строгой точки зрения и предполагаю (следуя Бриджмену), что некоторая величина является наблюдаемой только тогда, когда для ее наблюдения можно указать метод и дать подробное описание экспериментальной установки»¹.

Связывая физический смысл понятий и предложений физики с конкретно описанной экспериментальной установкой, Бриллюэн значительно углубляет и делает более экстремистской операционалистскую критику теории относительности. С его точки зрения, не только общая, но и специальная теория относительности не является достаточно обоснованной теорией. Недостаток специальной теории относительности, как она сформулирована Эйнштейном, состоит, по его мнению, в том, что она существенно опирается на понятие идеальных тождественных часов, которым не присуще свойство реальных физических приборов. Поэтому он не только отвергает общую теорию относительности, но и ревизует специальную теорию относительности, стараясь придать ей такую форму, в рамках которой содержание последней более тесно, как он считает, связано с проверяющими экспериментами.

Центральным пунктом, разделяющим операционализм и философские основания, на которых выросла теория относительности, является различное понимание критериев физического смысла понятий и высказываний, которыми оперирует физика. По Бриджмену и Бриллюэну, таким критерием является возможность независимой эмпирической проверки каждого утверждения физической теории. Общая теория относительности не удовлетворяет этому критерию. Она построена в соответствии с другим принципом, согласно которому теория в том случае имеет физический смысл, если вытекающие из нее следствия в принципе допускают эмпирическую проверку.

Однако можно ли утверждать, что неспособность удовлетворить вышеизложенному требованию независимой эмпирической проверки каждого утверждения физической теории является специфической особенностью общей теории относительности? Как отмечал Эйнштейн, «ни одна теория не смогла удовлетворять этим требованиям и им вообще невозможно удовлетворить»². Существуют

¹ Л. Бриллюэн. Новый взгляд на теорию относительности. М., 1972, стр. 15.

² А. Эйнштейн. Замечания к статьям, Собр. научных трудов, т. 4. М., 1972, стр. 306.

две принципиально непреодолимые трудности на пути последовательного проведения операционалистского принципа независимой эмпирической проверки утверждений физической теории. Во-первых, это системный характер физической теории. П. Дюгем справедливо заметил: «Физика не машина, которую можно разбирать и развинчивать. Мы не можем испытывать каждую ее часть в отдельности, а затем сказать, что прочность ее тщательно проконтролирована. Физическая наука есть система, которую приходится брать целиком»¹.

Действительно, при проверке любого утверждения физической теории посредством конкретного эксперимента ученые всегда пользуются дополнительными гипотезами, принципами, постулатами, без которых проверяющий эксперимент был бы невозможен. Элементы теории получают свое содержание не только из опыта, но и из связи с остальной частью теории.

Во-вторых, любая, сколько-либо развитая физическая теория состоит не только из утверждений, имеющих реальный смысл и допускающих эмпирическую интерпретацию, но и из утверждений, составленных из абстрактных терминов, которым не соответствуют референты в реальном мире (хотя они косвенно и отражают реальный мир). Ни о какой эмпирической проверке этих предложений говорить не приходится.

Если последовательно проводить операционалистскую точку зрения, то, по-видимому, следовало бы вообще запретить абстрактные термины и предложения, составленные из них. Но без них физическая теория функционировать не может. Поэтому осуществление такой меры привело бы к отказу от физики как науки.

То, что операционализм ведет к серьезному ограничению физического познания, подтверждается критикой, которая прозвучала со стороны его представителей в адрес таких наук, как физическая космология. Бриджмен, например, считал недопустимой экстраполяцию физических законов на достаточно большие области Вселенной вследствие того, что там они могут оказаться неправильными. Бриллюэн высказывается на этот счет более категорично: «Приятно рассуждать о происхождении Вселенной, но надо помнить, что такие рассуждения — лишь

¹ П. Дюгем. Физическая теория, ее цель и строение. СПб, 1910, стр. 224.

чистая фантазия. И нечего ожидать, что читатель поверит в какую-либо модель Вселенной, описывающей го-ли внезапный первовзрыв, то ли расширения и сжатия от $-\infty$ до $+\infty$. Все это слишком красиво, чтобы быть истинным и слишком невероятно, чтобы поверить в это»¹.

Важным пунктом расхождений операционализма с общей теорией относительности, связанным с различным пониманием критерия физического смысла, является вопрос о той роли, которую призвана играть математика в физическом познании. Бриджмен и Бриллюэн бросают упрек общей теории относительности в том, что она слишком математична, что математические термины в ней используются в физически неинтерпретированном виде. По мнению Бриллюэна, назначение математики в физике состоит в кодировании опытных данных. Она не может выступать в качестве исходного пункта физического исследования и быть источником нового знания. Им является опыт и только опыт. «Метод логики, — считает Бриллюэн, — состоящий в постулировании аксиом, — совершенно чужд экспериментальной науке. Она исходит из результатов опыта»².

Изложенную точку зрения трудно квалифицировать иначе, как точку зрения узкого эмпиризма. Попытка свести науку к одному только обобщению эмпирических данных является несостоятельной и противоречит практике развития физического знания. Свидетельством узости эмпиризма, его неадекватности является наличие таких теорий, как теория относительности. В общей теории относительности математика играет иную роль, чем ту, которую ей отводит операционализм. Здесь она выступает не только в качестве технического средства обработки уже полученного эмпирического материала, но, и это следует особо подчеркнуть, в качестве исходного пункта исследования, дающего новые знания.

Эта роль математики обнаруживается в самом генезисе общей теории относительности. Общая теория относительности отличается от многих других физических теорий, в том числе и от специальной теории относительности тем, что не существовало никаких физических фактов, указывающих на необходимость ее создания. Она

¹ Л. Бриллюэн. Новый взгляд на теорию относительности, стр. 17.

² Там же.

возникла на основе глубоких исследований Эйнштейна, имевших чисто теоретический характер, важное место среди которых занимали исследования и гипотезы чисто математического порядка. Что же касается эмпирических фактов, подтверждающих общую теорию относительности (искривление траектории светового луча вблизи тяжелых масс, «красное смещение», смещение перигелия Меркурия), то все они были установлены уже после появления этой теории.

Не является ли изложенная роль математики чисто специфической особенностью общей теории относительности? Эйнштейн в своих работах по философии физики показал, что метод, применяемый в общей теории относительности и получивший название математической гипотезы, является общим для всей теоретической физики. Его можно проследить не только в общей теории относительности, но и в электродинамике Максвелла, специальной теории относительности, квантовой механике, в особенности в релятивистской физике элементарных частиц.

Операционализм ставит своей задачей освободить физику от математических излишеств, привязать математический аппарат физики к реальной эмпирической ситуации. Иным является подход к интерпретации математического формализма, предпринятый Эйнштейном в общей теории относительности. Эйнштейн считал нецелесообразным вводить с самого начала те ограничения, которые представлялись необходимыми операционалистам. Наоборот, он допускал свободное развитие математического формализма в его более или менее абстрактном виде. Такой подход давал возможность более полно выявить эвристические возможности, заложенные в математике.

Плодотворность метода Эйнштейна нашла свое выражение не только в самом факте создания уравнений общей теории относительности, но и в их дальнейшем развитии. В этих уравнениях оказалось значительно больше содержания, чем то, которое в них вкладывал сам Эйнштейн. Иллюстрацией эвристических возможностей математического формализма общей теории относительности является чисто математическое предсказание нестационарности пространства Метагалактики.

Приведенный пример не единичен. Факты, подобные ему, можно встретить и в других физических теориях,

применяющих метод математической гипотезы и допускающих известную свободу от операционалистских ограничений в развитии математического формализма. Здесь можно было бы отметить чисто математическое предвосхищение Максвеллом электромагнитных волн, предсказание Дираком античастиц и целый ряд других фактов из области физики. Все это свидетельствует о том, что научный стиль общей теории относительности является не каким-то ответвлением, ведущим в сторону от основного ствола физического познания, а скорее наиболее ярким выражением типичных черт современного физического мышления.

Все же следует отметить, что этот метод содержит не только черты общего, но и характеризуется некоторыми специфическими особенностями. Он в ряде существенных пунктов отличается от метода, применяемого квантовой механикой. Для выяснения различий между ними рассмотрим критические замечания, сделанные Эйнштейном в адрес квантовой механики. Следует оговориться, что Эйнштейн критиковал не квантовую механику как таковую, а ту ее интерпретацию, которая была дана Н. Бором, М. Борном, В. Гейзенбергом и которая получила название копенгагенской.

В чем ее сущность? Согласно копенгагенской трактовке квантовая механика описывает не микрообъекты сами по себе, а их свойства, проявляющиеся в отношении к макроусловиям, которые создаются измерительными приборами. Для того чтобы исследовать микрообъекты, необходимо их измерить. Но процесс измерения изменяет их первоначальное состояние. То, с чем имеет дело квантовая механика, это не микрообъект в его первоначальном виде, а микрообъект, измененный процессом измерения.

Для Эйнштейна был неприемлем сам способ понимания сущности физической реальности и способа его описания, характерный для квантовой механики. Он, в частности, писал: «Принципиально неудовлетворительным в этой теории, на мой взгляд, является ее отношение к тому, что я считаю высшей целью всей физики: полному описанию реального состояния произвольной системы (существующего, по предположению, независимо от акта наблюдения или существования наблюдателя)»¹. Эйн-

¹ А. Эйнштейн. Замечания к статьям. Собр. научных трудов, т. 4, стр. 296.

штейн считал, что квантовая механика в ее копенгагенской трактовке неудовлетворительна потому, что она возрождает берклианский идеалистический принцип «существовать — значит быть воспринимаемым».

Обвинение в субъективном идеализме, выдвинутое Эйнштейном против квантовой механики, несостоятельно. Способ описания, применяемый этой наукой, отнюдь не приводит к субъективному идеализму. Он не утверждает зависимость физической реальности от наблюдателя, его ощущений. Наблюдатель вообще здесь может быть элиминирован. Квантово-механический способ описания основан на следующей предпосылке. Микрообъект объективен, но свойства его не абсолютны, а относительны. Они зависят от макроусловий, в которых находится микрообъект. То, что утверждает квантовая механика, есть относительность к средствам наблюдения или, точнее, к создаваемым ими макроскопическим условиям¹.

Сторонники квантовой механики в ее копенгагенской трактовке нередко обвиняют Эйнштейна в классическом способе мышления. По их мнению, при рассмотрении объектов микромира Эйнштейн незаконно пользуется абстракцией абсолютизации физических процессов, которая исключает влияние на микрообъекты макроскопических средств наблюдения. Этот упрек, на наш взгляд, столь же несправедлив, как обвинение Эйнштейном сторонников квантовой механики в субъективном идеализме. Эйнштейн хорошо понимал, что в процессе наблюдения и измерения микрообъектов состояние исследуемого микрообъекта изменяется. Но он не считал, что предварительным условием описания микрообъекта, логического выражения его сущности является акт наблюдения. Микрообъекты так же, как и макрообъекты, в том числе те, которые недоступны непосредственному наблюдению, могут, по его мнению, познаны «умозрительно», посредством построения соответствующей математической модели, правомерность которой может быть доказана лишь постфактум, посредством проверки вытекающих из модели эмпирических следствий.

В данном случае обнаруживается различие в понимании сущности физического познания, способа постижения физической реальности Эйнштейном и сторонниками квантовой механики. Способ познания, предла-

¹ См.: В. А. Фок. Квантовая физика и философские проблемы. Физическая наука и философия. М., 1973, стр. 64—65.

гаемый Эйнштейном, рационалистичен. Он предполагает возможность непосредственного, рационального созерцания природы физического мира, безотносительно к используемым средствам наблюдения и измерения. Такое описание осуществляется на языке теоретических конструкторов, которые представляют собой результат изобретательской деятельности человеческого интеллекта. Знание о физической реальности, получаемое таким путем, представляет собой онтологизацию системы теоретических конструкторов. Основанием для этой онтологизации служит то, что данная система конструкторов дает возможность эффективного описания данных чувственного опыта и приводит к эмпирически подтверждаемым следствиям.

Очень важное значение для понимания различий критериев осмысленности физических высказываний, которые применяются в теории относительности и квантовой механике, имеет обсуждение вопроса о полноте квантово-механического описания физической реальности. Эйнштейн утверждал, что волновая функция не дает полного описания индивидуального микрообъекта. Это он иллюстрирует на следующем примере. Пусть имеется радиоактивный атом, локализованный в некотором месте какой-либо системы отсчета. Процесс радиоактивности состоит в испускании атомом некоторой, сравнительно легкой, частицы. В момент времени $t = 0$ частица находится в области локализации атома. Из квантовой механики известно, что процесс радиоактивности описывается волновой функцией, зависящей от трех пространственных координат. При $t = 0$ эта функция отлична от нуля только внутри области локализации атома, а при $t > 0$ она отлична от нуля и во внешнем пространстве. Волновая функция позволяет нам найти вероятность того, что испускаемая частица в некоторый выбранный момент времени действительно находится в той или иной рассматриваемой части пространства. С другой стороны, волновая функция не позволяет ничего утверждать относительно времени распада радиоактивного атома.

По поводу данного примера Эйнштейн рассуждает так. Радиоактивный атом распадается в строго определенный момент времени. Этот момент времени является элементом физической реальности. Однако квантовая механика не дает описания этого элемента. Следовательно, она неполна.

С точки зрения квантовой механики, этот вывод Эйнштейна несостоятелен. Для того, чтобы понятие определенного момента времени, соответствующего распаду радиоактивного атома, имело реальный смысл, должно быть проведено соответствующее измерение. Вне этого измерения в качестве реального постулируется ненаблюдаемое. Если же мы проведем измерение, то это приведет к изменению состояния системы. И мы ничего не можем сказать, в каком состоянии находилась невозмущенная система. Таким образом, утверждение о невозможности определения момента времени радиоактивного распада атомов не является проявлением неполноты квантовой механики. Ее неполнота не может быть доказана ссылкой на то, что она не описывает ненаблюдаемое.

Нам представляется, что попытка Эйнштейна доказать неполноту квантовой механики в рамках самого квантово-механического подхода, является неосновательной. Квантовая механика приемлет определенную концепцию физической реальности. И физическая реальность, понимаемая в духе этой концепции, описывается полно.

Обсуждение проблемы полноты квантовой механики приводит Эйнштейна к определенной оценке квантовой статистики и перспектив статистического описания физической реальности. Статистика в квантовой механике относится к отдельным микрообъектам. Она возникает вследствие того, что макроусловия, создаваемые измерительным прибором, воздействуют на состояние микрообъектов, в результате чего исключается возможность точного определения положений микрообъекта в будущий момент времени. Как считает Эйнштейн, такая трактовка принципов статистического описания квантовой механики является неестественной и основывается на методологически неприемлемом понимании физической реальности. Не отрицая значения квантовой статистики, Эйнштейн в то же время полагает, что она должна быть переосмыслена в духе, отличном от копенгагенской интерпретации.

По его мнению, принципы квантовой статистики нужно искать не во взаимодействии микрообъекта и макроусловий, а в том, что квантовая механика имеет дело с ансамблем частиц. В таком случае мы могли бы считать, что индивидуальный радиоактивный атом, в примере Эйнштейна, распадается в определенный момент

времени. Этот момент принадлежит физической реальности. Но статистика, описывая ансамбль частиц, не дает полного описания каждой индивидуальной частицы в отдельности.

Такая интерпретация квантовой статистики приводит Эйнштейна к соответствующим выводам о месте квантовой механики в системе физического знания. Поскольку квантовая механика не дает полного описания физической реальности, то она не может быть фундаментом всего физического знания. Фундаментом физического знания должна стать динамическая теория, которая способна дать однозначное и полное описание физической реальности.

Расхождения между Эйнштейном и сторонниками квантовой механики по вопросу о природе физической реальности и способах ее познания, о критериях содержательности физических высказываний носят не сугубо личный характер, а отражают противоречия между идейными основами теории относительности и квантовой механики. Хотя спор между стилями научного мышления этих теорий еще не решен, можно все же предположить, что некоторые из гносеологических установок теории относительности являются неадекватными познанию микромира и их нельзя универсализовать.

Основанием для такого вывода являются те трудности, с которыми сталкивается программа перестройки физики на принципах, которые лежат в основе теории относительности. Известно, что предпринятая Эйнштейном попытка создания единой физической теории, которая представляла бы собой дальнейшее развитие и обобщение теории относительности, закончилась неудачей. Кроме того, экстраполяция пространственно-временных представлений, разработанных в рамках теории относительности на область микромира, приводит к серьезным противоречиям.

Существует область знания, которая возникла на основе своего рода синтеза квантовой механики и теории относительности. Это — релятивистская квантовая механика или, как еще ее называют, квантовая теория поля. Гейзенберг указывает на следующее противоречие, существующее в квантовой теории поля. С одной стороны, специальная теория относительности проводит резкую границу между областью одновременных событий, между которыми возможно взаимодействие, и областями, в

которых непосредственное воздействие одного процесса на другой может иметь место. С другой стороны, соотношение неопределенностей в квантовой теории утверждает, что такие характеристики микрообъектов, как координаты, импульсы, моменты времени и энергии не могут быть измерены одновременно точно. Если мы точно зафиксируем положение в пространстве и времени, что требует специальная теория относительности, то мы получим неопределенность (бесконечность) в значениях импульса и энергии. Возможно, продолжает Гейзенберг, математические противоречия (бесконечности значений некоторых физических величин — энергии, импульса, массы), возникающие в квантовой теории поля, обязаны именно этому обстоятельству¹.

Таким образом, в критериях содержательности физических высказываний (и связанных с ними концепциях физической реальности, способах ее познания) можно увидеть не только общие моменты, характерные для всей физики, но и такие моменты, которые являются специфическими для той или иной теории, например для теории относительности и для квантовой механики. Развитие физического знания приводит к обнаружению ограниченности одних критериев и установлению большей адекватности других.

Логико-гносеологические критерии и стиль научного мышления

Из всего вышеизложенного следует, что гносеологические принципы, участвующие в формировании физических теорий, нельзя уподоблять повивальной бабке, которая, выполнив свою миссию при рождении ребенка, должна уйти. Они становятся логико-гносеологическими критериями, которые играют важную роль в функционировании физических теорий. Они определяют то, что обычно называют стилем научного мышления.

Стиль научного мышления является важным аспектом научной деятельности. Он представляет собой организацию процесса научного познания в соответствии с определенным образцом, эталоном научной теории. В этом образце находит свое воплощение определенное понимание сущности научного познания, его целей и методов их достижения.

¹ См. В. Гейзенберг. Физика и философия. М., 1963, стр. 133—134.

Стиль научного мышления складывается из определенных правил (чаще всего явно не формулируемых, а просто подразумеваемых), определяющих алгоритм научного исследования. Одни из них имеют характер правил-рекомендаций, другие — правил-запретов. Роль правил состоит в том, что с их помощью разрабатывается методика связи теории с наблюдаемыми величинами, устанавливаются критерии содержательности физических понятий. В соответствии с этими правилами ограничивается конвенциональный элемент в научном познании, исключаются некоторые типы логически непротиворечивых конструкций, высказываний и т. п.

Понятие стиля научного мышления дает возможность понять, в чем именно заключается конструктивная роль философии в функционировании физической теории.

Философам, занимающимся методологическими проблемами физики, приходится слышать такой вопрос: «Приведите, пожалуйста, конкретные примеры, свидетельствующие о том, что философия помогла физикам решить какую-нибудь конкретную задачу?» Этот вопрос, несмотря на внешнюю простоту, оказывается каверзным. Любая попытка вывести из какого-либо общего философского принципа решение конкретной проблемы оказывается безуспешной. Отсюда нередко делается вывод о том, что философия вообще не играет конструктивной роли в развитии физики. В лучшем случае она дает интерпретацию уже полученных физических знаний или эксплицирует (т. е. уточняет) физические термины и высказывания. Такое понимание роли философии представляется нам неправильным.

Развитие современной физики показало, в чем заключается действительная роль философии в развитии физического знания. Ни одна физическая теория, если она не является чисто описательной, в принципе не может возникнуть без философских предпосылок. Чем более фундаментальной является теория, тем большую роль в ее становлении и развитии играет философия. Здесь существенными являются следующие два момента.

1. Философия чаще всего оказывает влияние на развитие физики не непосредственно, а через гносеологические принципы, составляющие ее философский фундамент.

2. Но даже и эти гносеологические принципы не определяют конкретного содержания теории. Из них не мо-

гут быть выведены понятия и законы физической теории, пусть даже самые общие и фундаментальные. Следствием этих принципов являются не физические понятия и законы, а стиль научного мышления. В рамках стиля научного мышления гносеологические принципы играют роль регулятивов, которые придают научному мышлению определенное направление, служат критерием отбора из нескольких возможностей таких, которые считаются предпочтительными.

Роль этих гносеологических регулятивов огромна. Их значение обусловлено тем, что опыт принципиально неполон, чтобы из него можно было вывести однозначно ту теорию, которая является истинной, а математический формализм, применяемый в физике, открывает целый океан логически непротиворечивых возможностей, согласующихся с опытом.

Гносеологические принципы, лежащие в основе физической теории, окристаллизовываются в свойственном ей стиле научного мышления. Этот стиль диктует определенные пути дальнейшего развития физики. Без учета этого обстоятельства нельзя понять развития физической мысли.

Дотошный оппонент может сказать: «Почему эти принципы, например принцип наблюдаемости и простоты, вы считаете философскими? Ведь они применяются в рамках физики». На это можно возразить так. Не все, что применяется в рамках физики, имеет специфически физический характер. В физике применяются, например, понятия, выработанные математикой. Принципы наблюдаемости, простоты следует отнести к философским потому, что они носят гносеологический характер, определяют метод научного познания.

У специалиста, работающего в области физики, часто возникает иллюзия полной независимости его научной деятельности от философии. Это происходит вследствие того, что он входит в уже готовое создание научной теории с присущим ей стилем научного мышления. Но никакой абсолютной автономией от философии его научная деятельность не обладает, ибо через стиль научного мышления данный ученый уже приемлет определенные философские принципы. Эти философские предпосылки научной теории не всегда ясно осознаются учеными, но от этого они не перестают быть философскими.

Нам могут сказать: «Ну, хорошо, физика, действи-

тельно, принимает некоторые специальные гносеологические регулятивы, в создании которых, кстати, участвуют сами физики. Но общие философские учения ей не нужны. Она может обойтись и без них». Такой взгляд на отношение физики и философии подразумевает, что физика является некой замкнутой системой. Однако в действительности физика никогда не была замкнутой по отношению к другим наукам. Она представляет собой не замкнутую, а открытую систему. Открытую для влияния на нее со стороны других форм знания, в том числе и философии.

Философия всегда оказывала воздействие на развитие гносеологических принципов физики, которые никогда не были результатом деятельности только физиков, а формировались в контексте всей философии. Обращаясь к истории классической физики, мы можем проследить ее связь с некоторыми течениями в домарксистской философии. В развитии оснований современной физики существенная роль принадлежит материалистической диалектике независимо от того, осознается этот факт самими физиками или нет.

ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ

В предыдущих разделах мы осветили роль гносеологических принципов в развитии отдельно взятой физической теории. Нами было показано, что физическая теория не может быть чисто индуктивно выведена из опытных данных. Важную роль в ее построении играют гносеологические соображения. Но даже и после того, как теория оформилась, гносеологические принципы продолжают играть роль своеобразных регулятивов, ограничивающих конвенциональный момент в физическом познании, определяющих критерии содержательности физических высказываний, а следовательно, и ограничивающих класс допустимых высказываний.

Не менее важным и интересным является вопрос о том, какую роль играют гносеологические принципы при выборе одной из нескольких конкурирующих теорий. В последнее время этой проблеме уделяется большое вни-

мание. Усиление интереса к ней в значительной мере стимулировано своеобразно написанной, хотя и не во всем безупречной, книгой американского историка и философа науки Т. Куна «Структура научных революций». Куновское решение проблемы сравнимости и выбора физических теорий явилось предметом целого ряда дискуссий. Здесь мы рассмотрим не только содержание самой проблемы, но и выскажем свое мнение по этим дискуссиям.

В чем состоит сложность проблемы сравнимости физических теорий?

На первый взгляд может показаться, что вопрос о сравнимости различных теорий и выборе одной из них в качестве истинной может быть решен исключительно на основе опыта. Однако такая точка зрения является ошибочной. Она сталкивается с непреодолимыми для нее трудностями и не дает ответа на многие вопросы истории науки.

Для того, чтобы выяснить неадекватность упомянутой концепции и одновременно натривиальность проблемы сравнимости физических теорий, недостаточно констатировать неполноту опыта, невозможность однозначного выведения из него той или иной физической теории. Для этого необходимо также раскрыть структуру эмпирических фактов, составляющих содержание научного опыта.

Какие факты представляют ценность для научного познания? Обычно факты подразделяются на «голые» и научные. «Голые» факты представляют собой совокупность ощущений, восприятий, которые не интерпретированы на языке научной теории. Такого рода факты не имеют никакой ценности. Они ничего не доказывают и ничего не опровергают. Для того, чтобы факт стал элементом знания, необходима его интерпретация посредством научной теории. Эта интерпретация превращает «голый» факт в научный.

Приведем следующий пример. Советский математик А. Фридман, исследуя уравнения общей теории относительности, показал, что они допускают нестатические решения. Эти решения представляют собой космологические модели, пространственная метрика которых изменяется с течением времени. Если мы попытаемся применить фридмановскую космологию к описанию структуры мирового пространства, то отсюда будет следовать вывод: метрика мирового пространства должна изменяться.

Частным случаем такого изменения может быть расширение пространства¹.

В 20-е годы ученые открыли так называемое «красное смещение», состоящее в том, что спектральные линии света, идущего от далеких галактик, сдвинуты в красную сторону спектра. Само по себе «красное смещение» представляет собой «голый» факт. Однако это открытие было истолковано как факт, подтверждающий фридмановскую космологию, идею нестатичности пространства Метагалактики. Для того, чтобы экспериментально установленный факт «красного смещения» мог приобрести значение научного факта, необходимо было использование целого ряда теоретических принципов. Во-первых, для такой интерпретации важно знать, что смещение спектральной линии в красную сторону спектра означает возрастание длины волны, а следовательно, уменьшение частоты. Во-вторых, «красное смещение» только в том случае указывает на расширение пространства, когда оно интерпретируется в духе принципа Доплера. Согласно этому принципу при удалении от некоторого наблюдателя источника волн (как звуковых, так и электромагнитных) наблюдатель будет воспринимать эти волны с пониженной частотой.

Таким образом, в «субстанцию» научного факта входят не только ощущения, но и элементы теории. Само по себе это обстоятельство еще не приводит к каким-либо сложным гносеологическим проблемам. Весь вопрос в том, что представляет собой теория, на основе которой интерпретируются «голые» факты. Представим себе, что у нас имеется теория T , подлежащая эмпирической проверке, и множество фактов $a, \dots a_n$, которые должны проверить теорию. Эти факты истолковываются на основе другой, так называемой интерпретационной теории t . В таком случае научные факты являются элементом, не зависящим от самой проверяемой теории.

Однако в реальной практике в интерпретации фактов принимает участие не только вспомогательная теория, но и сама проверяемая теория T . Приведем такой пример. Считается, что явление дифракции подтверждает волновую теорию света. Однако дифракционная картина, возникающая на экране от светового луча, сама по себе еще

¹ Под расширением пространства понимается увеличение расстояния между любыми двумя его точками с течением времени.

ни о чем не говорит. Это всего лишь полосы света. Явление дифракции становится научным фактом, подтверждающим волновую теорию лишь тогда, когда мы рассматриваем эти полосы как следствие огибания препятствий световыми лучами. А это значит, что мы с самого начала привлекаем представление о свете как о волновом процессе.

Даже в том случае, когда для истолкования фактов привлекается дополнительно интерпретационная теория, она не исчерпывает собой теоретический элемент научного факта. В содержание научного факта всегда входит та или иная часть проверяемой теории. Так, в интерпретацию вышеприведенного факта «красного смещения» как факта, свидетельствующего о расширении пространства, входят не только принцип Доплера и теоретическая зависимость между цветом и длиной волны, но и некоторые идеи проверяемой общей теории относительности. Действительно, лишь с точки зрения общей теории относительности «красное смещение» означает расширение пространства. Если бы мы попытались осмыслить «красное смещение» в рамках другой теории, например, так называемой релятивистской теории гравитации в плоском пространстве¹, то здесь оно означало бы эффект разлетания галактик в неподвижном, статическом пространстве.

Включение проверяемой теории в интерпретацию проверяющего ее научного факта приводит к следующей проблеме. Факты, которые считаются доказательством одной теории, при соответствующей их интерпретации могут доказывать и противоположную ей теорию. Именно так обстоит дело с обоснованием общей теории относительности и релятивистской теории гравитации в плоском пространстве посредством эффекта «красного смещения».

Но это только начало проблемы. Физические понятия при вхождении их в различные теории приобретают специфические оттенки, хотя они по-прежнему обозначаются одинаковыми терминами. Например, понятия «пространство», «время», «масса», «энергия», употребляемые

¹ Эта теория в отличие от общей теории относительности не отождествляет гравитационное поле с геометрией пространства, а рассматривает его как обычное физическое поле, существующее в плоском евклидовом пространстве.

в теории относительности, не совпадают по своему содержанию с такими же понятиями в физике Ньютона. Различие понятий, входящих в конкурирующие теории, затрудняет их сравнимость на основе опытов, которые описываются в терминах указанных теорий.

Пусть, например, мы имеем две теории T_1 и T_2 , из которых вытекают два различных эмпирических следствия, соответственно — $xA(x)$ (все x , которые обладают свойством A) и $\exists x\bar{A}(x)$ (существуют x , которые обладают свойством не A). Хотя по своей форме эти следствия противоположны, по своему содержанию они без соответствующих разъяснений не сравнимы ввиду того, что терминам x и A , в указанных теориях может придаваться различное значение.

По мнению Т. Куна и тех, кто разделяет его точку зрения, между понятиями научных теорий, построенных на основе различных парадигм, не существует ничего общего. М. Хесс характеризует эту ситуацию следующим образом:

1) значение термина в одной теории не является тем же самым в другой, конфликтующей с первой, теории;

2) никакое утверждение и, в частности, эмпирическое утверждение, содержащее предикаты одной теории, не может противоречить утверждению, содержащему предикаты другой теории;

3) никакое эмпирическое утверждение, которое принадлежит к одной теории, не может быть использовано для проверки другой теории. Не существует решающего эксперимента для выбора между двумя теориями¹.

Аналогичной точки зрения по данному вопросу придерживается американский философ П. Фейерабенд. Правильно отмечая, что язык наблюдений зависит от применяемой теории и изменение теории влечет изменение интерпретации языка наблюдений, он делает следующие выводы. Если мы имеем две теории — новую и старую, то наблюдения, которые интерпретируются в терминах новой теории, не могут быть использованы для опровержения старой теории².

Нам представляется, что такой подход к проблеме

¹ M. Hesse. Duhem, Quine and new empiricism. Knowledge and necessity. Camb., 1970, p. 203.

² P. Feysabend. Consolations for the specialist, Criticism and the Growth of Knowledge. Camb., 1970.

сравнимости физической теории, в особенности старой и новой основан на метафизическом преувеличении моментов различия в этих теориях и отрицании моментов общего, существующего между ними. Такая концепция антидиалектична. Она противоречит реальной сущности научного познания. Развитие науки, в том числе и физики, не является последовательностью катаклизмов, каждый из которых зачеркивает все, существовавшее до него. Процесс познания — это процесс смены одной относительной истины другой относительной истиной, более высокого порядка. Новая относительная истина отрицает старую, но не в метафизическом, а в диалектическом смысле. Диалектическое отрицание включает в себя момент сохранения, удержания всего лучшего, что имелось в прошлом.

Старая и новая физические теории, несмотря на различие их языка, в принципе сравнимы. Их сравнимость характеризуется следующими двумя моментами. Первое. Мы можем выяснить общие черты содержания физических терминов, употребляемых в разных теориях, если выделим в их содержании две компоненты: денотат (референт) и смысл. Денотат термина — это объект (конкретный или абстрактный), который этот термин обозначает. Например, денотатом термина «химический элемент» является любой реальный химический элемент. Смысл термина — это то, что говорится о денотате. Им может быть свойство или группа свойств, выделяющих данный денотат из всех других предметов.

Как отмечает И. Шеффлер¹, один и тот же термин, употребляемый в разных теориях, может иметь различный смысл. Однако это различие совместимо с тем, что данный термин обозначает один и тот же объект. Тождество предметов терминов делает возможной, по мнению Шеффлера, сравнимость конфликтующих теорий, сформулированных при помощи этих терминов.

Действительно, анализируя термины старой и новой теории, мы видим, что, несмотря на все их различия, у них имеется нечто общее. Так, в законах движения классической и релятивистской механики термин «масса» является обозначением свойства инертности. Это свойство

¹ I. Scheffler. Science and Subjectivity. N. Y., 1967, p. 58.

может рассматриваться как абстрактный объект, являющийся денотатом указанного термина.

Разумеется, содержание термина «масса» в классической и релятивистской физиках во многом различно. Классическая масса неизменна. Релятивистская масса зависит от скорости физического объекта. Однако эти свойства относятся к тому, что попадает под определение смысла термина. Различие же смысла не мешает сравнивать понятия массы в этих двух физических теориях.

Второе. Но и между смыслами терминов различных теорий имеется определенная связь. Правда, она носит характер не тождества, а переводимости. Поскольку законы релятивистской физики сводимы к законам классической физики, являющимся их предельным случаем, постольку мы можем говорить о понятиях (по крайней мере некоторых) классической физики как предельных для релятивистской физики. Предельный переход в данном случае относится не к денотатам, а к смыслу терминов.

Т. Кун отрицает связь терминов физических теорий посредством их переводимости. Он рассуждает так. Представим себе множество предложений E_1, E_2, \dots, E_n , которые, вместе взятые, выражают законы релятивистской теории. Вводя дополнительные условия типа $(V/C)^2 \ll 1$, мы получаем новое множество предложений N_1, N_2, \dots, N_m , которые по форме тождественны с ньютоновскими законами движения. Но это не означает, что релятивистская динамика сводится к ньютоновской. Т. Кун пишет: «Хотя N -предложения представляют собой специальный случай релятивистской механики, они не являются ньютоновскими законами. Переменные и параметры, которые в эйнштейновских E -предложениях представляют пространственные положения: время, массу и т. д., входят также и в N -предложения. Здесь они представляют эйнштейновские пространства, время и массу»¹.

В данном случае Кун ошибочно противопоставляет содержание понятий и формулируемые при помощи их физические законы. Он считает, что понятия могут иметь смысл, совершенно независимый от тех законов, в формулировку которых они входят. Смысл понятий у него

¹ T. Kuhn. The structure of scientific revolutions. Second Edition. Chicago, 1970, p. 101—102.

выступает как нечто первичное по отношению к физическим законам. Но, спрашивается, откуда у понятий берется смысл, чем он определяется? Кун не дает ясного ответа на этот вопрос.

Содержание научных понятий вводится соответствующими определениями. В физико-математических науках функцию этих определений выполняют физические законы и математические аксиомы. Так, геометрические понятия «точка», «прямая» и т. д. определяются не путем подведения их под более широкие понятия (ибо таковых в геометрии нет), а через формулировку геометрических аксиом, в которые эти понятия входят. Аналогичная картина наблюдается и с физическими понятиями. Их содержание определяется формулировками основных физических законов.

Конечно, не все понятия физики явным образом входят в физические законы и могут быть определены через них. Так, фундаментальные для физики понятия пространства и времени, по существу, предшествуют физическим законам. Они связаны не только с физическими законами, но и с гносеологическими принципами физических теорий. Такие понятия, действительно, оказываются существенно различными для старой и новой теорий. Здесь имеется недостаточно исследованная проблема взаимоотношения между ними. Но наличие этой проблемы никаким образом не может служить основанием для обособления физических теорий и противопоставления их друг другу.

Гносеологические предпосылки выбора физической теории

Возможность сравнимости физических теорий путем их сопоставления с фактами все же еще не решает проблемы выбора одной из конкурирующих теорий. Видимо, простого согласия теории с известными на сегодняшний день эмпирическими фактами еще недостаточно для признания этой теории в качестве истинной. С другой стороны, противоречие теории некоторым фактам не является достаточным основанием для отказа от нее. История физики изобилует примерами, подтверждающими это.

Астроном Зеелигер в конце XIX в. открыл противоречие в ньютоновской картине мира, получившее название гравитационного парадокса. Сущность этого парадокса состоит в следующем. Согласно Ньютону Вселенная бесконечна в пространстве и, кроме того, в ней содержится

бесконечное количество материальных масс. Если мы попытаемся применить ко всей Вселенной закон всемирного тяготения, то получим абсурдный результат: на каждое тело, помещенное в гравитационное поле, должны действовать бесконечно большие силы. Это при определенных условиях должно приводить к бесконечным скоростям.

Указанное противоречие было серьезным дефектом картины мира, основанной на ньютоновской теории. Зеелигер пытался преодолеть это противоречие путем видоизменения гравитационного закона. Он ввел следующее допущение. Силы гравитационного взаимодействия изменяются по закону обратных квадратов только в достаточно малых областях пространства. По мере увеличения областей пространства гравитационные силы убывают значительно быстрее. Такое допущение формально вело к устранению гравитационного парадокса. Но оно требовало введения поправок в гравитационный закон. Характерно, что физика XIX в. не только не отказалась от ньютоновского гравитационного закона перед лицом гравитационного парадокса, но даже не пошла на частичное видоизменение этого закона.

С гравитационным законом Ньютона связан и другой эпизод в истории физики, уже упоминавшийся нами. Этот закон противоречил эмпирически найденным значениям перигелия Меркурия. Но физики опять-таки не спешили отказаться от него. Более того, среди многих физиков господствовало убеждение, что причиной противоречия теории наблюдаемым фактам являются не дефекты теории, а ошибки, допущенные в наблюдениях и в вычислениях.

Ньютоновская гравитационная теория продолжала считаться единственно научной теорией гравитации, несмотря на ее отдельные противоречия фактам, вплоть до создания Эйнштейном общей теории относительности. Но вот появилась общая теория относительности. Вначале это была «чистая» теория. Затем удалось установить только три эмпирических факта, подтверждающих ее: искривление светового луча вблизи тяжелых масс, смещение перигелия Меркурия и «красное смещение». Но и этих трех фактов оказалось достаточно, чтобы признать общую теорию относительности как более адекватную гравитационную теорию, чем теория Ньютона.

Какие механизмы управляют процессом выбора од-

ной из конкурирующих теорий? По мнению Т. Куна, этот выбор осуществляется на основе парадигмы, под которой он понимает научные достижения, которые для данного времени дают модель проблем и допустимых их решений, принимаемых некоторым сообществом ученых»¹.

В парадигме Кун различает два аспекта: теоретический и социальный. В теоретическом отношении парадигма представляет собой некий эталон научной теории с присущими ему методами исследования. Этот эталон не конструируется на основе метатеоретических исследований. Он возникает на основе практики развития конкретной теории, применение которой оказывается эффективным в достаточно широкой области научного исследований. Однако для того, чтобы данная теория с ее специфическим инструментарием имела парадигматический характер, необходимо ее общественное признание в качестве эталона. Это признание осуществляется, как отмечает Кун, некоторым сообществом ученых.

Социальный момент, состоящий в признании научным сообществом данной теории, играет, по мнению Куна, чрезвычайно важную роль в выборе научных теорий. Он, в частности, пишет: «Не существует нейтрального алгоритма для выбора теории, ни систематической разрешающей процедуры, которая, будучи примененной, должна привести каждого, отдельно взятого члена из группы исследователей, к одним и тем же результатам. В этом смысле сообщество специалистов, а не его отдельные члены, делают эффективной разрешающую процедуру»².

Понятие парадигмы является достаточно близким, широко употребляемому в физике и философии, понятию стиля научного мышления. Стиль научного мышления, выработанный на основе той или иной фундаментальной физической теории, действительно играет важную роль в решении проблемы выбора одной из конкурирующих теорий. Как нами уже отмечалось, стиль научного мышления опирается на целый ряд гносеологических принципов, которые чаще всего фигурируют в неявном виде. Поэтому влияние стиля научного мышления на решение проблемы выбора теории в значительной мере есть влия-

¹ Т. Кун. The structure of scientific revolutions. 1970, p. VIII.

² Там же, стр. 200.

ние, оказываемое на решение этой проблемы гносеологическими принципами.

То обстоятельство, что при решении вопроса о предпочтительности той или иной теории физики опираются не только на эмпирические данные, но и на принципы типа наблюдаемости, простоты и т. д. хорошо известно всем, занимающимся проблемами философии науки. Оно не отрицается и сторонниками неопозитивизма. Однако в подходе неопозитивистов к оценке регулятивной роли гносеологических принципов имеются существенные дефекты. Эти принципы формулируются ими как некие абстрактные каноны, которые носят «надтеоретический» и «надсоциальный» характер.

Прежде всего гносеологические принципы физики не следует рассматривать как некие единые метатеоретические требования, которые выполняют роль третьей инстанции при решении вопроса о выборе одной из нескольких конкурирующих теорий. Фактически они всегда входят в философский фундамент конкретных физических теорий и составляют основу стилей научного мышления. В рамках этого стиля данные принципы имеют строго конкретную форму. Их регулятивная функция проявляется через распространение и утверждение определенного стиля научного мышления.

Этот момент, характеризующий механизм регулятивного действия гносеологических принципов, особенно рельефно выступает тогда, когда не существует единого, общепринятого стиля научного мышления. Такая ситуация наблюдается в настоящее время. Сегодня мы имеем два основных стиля научного мышления, связанных с двумя фундаментальными физическими теориями — теорией относительности и квантовой физикой. Можно ли в этих условиях говорить об едином принципе наблюдаемости, принципе простоты, критериях, определяющих содержательность физических высказываний? Видимо, нет, поскольку в указанных теориях эти принципы и критерии во многом оказываются различными.

Регулятивная функция принципов наблюдаемости и простоты в той их конкретной форме, в какой они принимаются, например, в квантовой физике, отнюдь не основана на том, что эти принципы отвечают неким идеальным эталонам наблюдаемости и простоты, а поэтому современная физика должна быть построена в соответствии с ними. Никаких абстрактных эталонов, суще-

ствующих вне связи с конкретными теориями, не существует. Их регулятивная функция может проявляться лишь через утверждение и распространение стиля научного мышления квантовой механики. То же самое относится и к гносеологическим принципам теории относительности.

Таким образом, эмпирические факты хотя и представляют собой необходимое условие для выбора из нескольких конкурирующих теорий истинной, сами по себе еще не решают этой проблемы полностью. Важную роль здесь играют гносеологические принципы. Последние определяют предпочтительность одной из конкурирующих теорий. Это достигается через стиль научного мышления, философским фундаментом которого являются данные принципы.

**Практическая основа
гносеологических принципов физики**

Гносеологические принципы, играющие важную роль в решении вопроса об истинности физической теории, непосредственно не вытекают из опытов, которые подтверждают данную теорию. Именно это обстоятельство послужило поводом для квалификации их как внеэмпирических принципов.

В связи с вопросом о статусе гносеологических принципов физики, об их отношении к опыту следует подвергнуть критике неопозитивизм. Не отрицая значения для науки таких принципов, как принципы наблюдаемости, простоты, неопозитивисты считают, что эти принципы имеют характер нормативных правил и не являются элементом научного знания. Исключение их из системы знаний основано на критерии научности, согласно которому важнейшим признаком любого научного утверждения является возможность его эмпирического обоснования. Научное утверждение, по их мнению, должно представлять собой или непосредственно проверяемое на опыте протокольное предложение, или сводиться посредством чисто логической процедуры к протокольным предложениям (принцип редукционизма).

Важное место в программе сторонников эмпирической концепции научного анализа занимает принцип фальсифицируемости Поппера утверждающий, что для каждой теории должно существовать непустое множество потенциально возможных эмпирических фактов, при которых она неверна. Из принципов редукционизма и фальсифицируемости следует, что гносеологические ги-

потезы физики не могут рассматриваться как элементы этой науки, поскольку они непосредственно с опытом не связаны.

Неопозитивистский критерий научности является не удовлетворительным. Он противоречит реальной науке. Его последовательное проведение приводит не только к отрицанию научного статуса философии и гносеологических принципов физики, но, по существу, к отрицанию физики как таковой.

Своеобразие связи гносеологических принципов с практикой, в том числе с физическими опытами и экспериментами, состоит в том, что эта связь имеет опосредствованный характер. Гносеологические принципы составляют философский фундамент физических теорий, воплощенного в них стиля научного мышления. Неадекватность физической теории природе реальности косвенным образом указывает и на неадекватность присущего ей стиля научного мышления, а значит, и составляющих основу этого стиля гносеологических принципов. С другой стороны, истинность физической теории, ее успех в объяснении физических фактов служат доводом в пользу применяемых ею гносеологических принципов.

Можно ли сказать, что такой гносеологический принцип, как принцип простоты, является априорным требованием, зависящим только от личного вкуса ученого? Разумеется, нет. Этот принцип подтвержден всей историей развития физического знания. В его пользу свидетельствует коперниковская система, давшая более простое, чем птоломеевская система, описание структуры мира. Его подтверждает развитие фундаментальных теорий классической и современной физики.

Сказанное не исключает того, что отдельные частные формулировки принципа простоты могут иметь ограниченное значение или оказаться просто ошибочными. Например, многие физики сомневаются в том, что все содержание физических теорий может быть сведено к единой теории поля, программу создания которой выдвинул Эйнштейн. Возможно, что единая физическая теория, основанная на принципе простоты в его наиболее радикальном виде (все сводится к единой сущности), ошибочна. Но и это обстоятельство не доказывает априорности принципа простоты в смысле его независимости от опыта. Наоборот, оно указывает на роль практики в решении вопроса об истинности этого принципа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявление гносеологических принципов, входящих в основания физики, представляется сложной и вместе с тем чрезвычайно важной для определения стратегии физического познания задачей. Она сложна потому, что гносеологические принципы физической теории не всегда формулируются в явном виде. Поэтому от философа требуется кропотливый анализ роли интуиции ученого в научных исследованиях. Нам еще чрезвычайно мало известно об этом аспекте физики. Разумеется, он не исчерпывается двумя или тремя гносеологическими принципами типа принципов наблюдаемости, простоты физической теории и т. д. Его содержание значительно богаче и многообразнее.

Важность этих исследований определяется современным состоянием физических знаний. Современная физика накопила огромный материал, который полностью не укладывается в существующие физические теории. В настоящее время физики все более проникаются мыслью о том, что для решения сложных проблем, возникающих, например, при исследовании элементарных частиц, требуется новая, более фундаментальная физическая теория, чем квантовая механика и теория относительности. Однако для создания такой теории необходимы не только математико-физические изыскания. Важным направлением научных поисков является исследование гносеологических оснований физических теорий, разработка путей их совершенствования и развития.

Проблема гносеологических оснований физических теорий носит синтетический характер. Она предполагает у исследователей глубокие познания как в области физики, так и теории познания. Для ее решения необходимы совместные усилия философов и физиков. В этой связи большую актуальность приобретает ленинская идея об укреплении союза философов-марксистов с передовыми учеными-естествоиспытателями.

10 коп.

Индекс 70065

