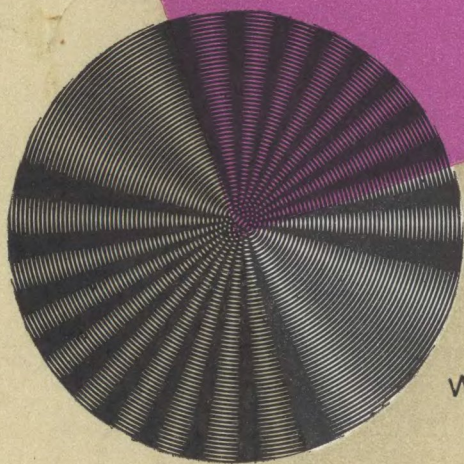


В. С. Готт
В. Г. Сидоров

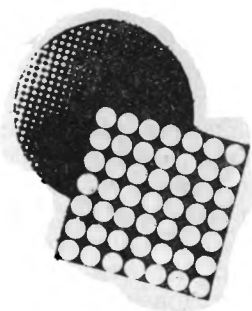
ФИЛОСОФИЯ И ПРОГРЕСС ФИЗИКИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

***В. С. Готт
В. Г. Сидоров***

ФИЛОСОФИЯ И ПРОГРЕСС ФИЗИКИ



Издательство «Знание»
Москва 1986

ББК87
Г73

Авторы: ГОТТ Владимир Спиридонович — доктор философских наук, кандидат физико-математических наук, главный редактор журнала «Философские науки», профессор Академии общественных наук при ЦК КПСС.

СИДОРОВ Валерий Григорьевич — кандидат философских наук, доцент кафедры философии Кубанского государственного университета.

Рецензенты: Овчинников Н. Ф. — доктор философских наук, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР; Налетов И. З. — доктор философских наук, профессор кафедры философии Академии общественных наук при ЦК КПСС.

Готт В. С., Сидоров В. Г.
Г73 Философия и прогресс физики. — М.: Знание,
1986. — 192 с.
60 к. 20000 экз.

В предлагаемой читателю книге идет речь о взаимосвязи философии и современной физики, методологических основах прогрессирующего физического познания.

На материалах релятивистской и квантовой механики, теории гравитации и элементарных частиц авторы показывают процесс диалектизации физики, выявляют в различных природных явлениях всеобщие закономерности. В работе критически анализируются некоторые буржуазные теории методологии науки.

Книга рассчитана на преподавателей, аспирантов, слушателей философских (методологических) семинаров, студентов, всех интересующихся философскими вопросами естествознания.

Г 030100000—001₂—86
073(02)—86

ББК 87
1

© Издательство «Знание», 1986 г.

Материалистический основной дух физики, как и всего современного естествознания, победит все и всяческие кризисы, но только с неременной заменой материализма метафизического материализмом диалектическим.

В. И. Ленин

ВВЕДЕНИЕ

Наши дни — время глубоких социальных преобразований, время выдающихся достижений науки и техники. В условиях ускорения социально-экономического развития нашей страны научно-техническая революция становится важным фактором, влияющим на развитие экономики и культуры, на создание материальной базы коммунизма и реализацию его социальных идеалов.

В ходе развертывания НТР все более важной социальной функцией науки выступает внедрение научных идей и разработок в практику, что ведет к усилению связи и взаимодействия фундаментальных и прикладных наук. В ряде случаев фундаментальные и прикладные исследования уже образуют единый, нерасторжимый сплав научного поиска. Продолжением и развитием этой тенденции является интеграция науки и производства, наглядным проявлением чего служит создание за последнее время ряда научно-производственных объединений и комплексов, не только ведущих научную разработку определенных направлений, но и осуществляющих внедрение полученных научных результатов непосредственно в производственную практику. Научно-технический прогресс обуславливает особую значимость науки в общественном производстве.

Человек познает окружающий мир в той мере, в какой он воздействует на природу в соответствии со своими потребностями. Иными словами, предметно-чувственное и абстрактно-понятийное освоение окружающего мира всегда были двумя сторонами единого деятельного существования общественного человека. Поэтому структура познавательной деятельности отражает исторические особенности материального производства в такой же степени, в какой общественное сознание отражает

общественное бытие, ибо наука как самостоятельно развивающаяся форма общественного сознания, как особый вид деятельности возникает лишь тогда, когда определяющим способом материального производства становится машинная индустрия.

С этой точки зрения становление современного естествознания обусловлено преобразованиями в сфере материального производства в XVIII—XIX столетиях и научно-технической революцией нашего времени. Резкое увеличение энергетического потенциала промышленного производства в середине XIX в. значительно стимулировало научный поиск более эффективных путей развития механических установок, тепловых двигателей и поиски новых источников энергии. Техническим разработкам и их производственному применению способствовали многие научные открытия. Так, например, открытие электромагнитных явлений положило начало их широкому техническому внедрению в области транспорта, связи и энергетики, поскольку получение электрической энергии как более удобной и транспортабельной становится определяющим в общем русле научно-технического прогресса. Это значительно повысило экспериментально-технические возможности научных изысканий, которые привели в начале XX столетия к глубокому революционному перевороту в естествознании и особенно в физике. Возникли новые своеобразные физико-теоретические концепции — релятивистская и квантовая механика.

Становление этих концепций шло в условиях острой идейно-мировоззренческой борьбы. В. И. Ленин подчеркивал, что в методологическом отношении эта борьба означала переход от метафизического материализма, опиравшегося на механические представления о мире, к диалектическому материализму, к становлению диалектики в самом физическом познании.

Но физика рождала диалектику не только вследствие теоретического обобщения огромного фактического материала. Происходило существенное сближение естествознания с производством, увеличивался интеллектуальный потенциал последнего, возрастала роль естественных наук в техническом прогрессе и их влияние на все сферы общественной жизни. Так, создание квантовой и релятивистской теорий привело к разработке принципиально новых технических устройств — молекулярных генераторов, лазеров, атомных электростанций, ускорителей, то-

камаков и др., которые вывели физику на арену военной и политической жизни общества.

Прогресс в физике и других науках оказал и оказывает воздействие на развитие современной научно-технической революции, ведущей прежде всего к коренным изменениям в содержании и структуре производительных сил, к разработке новых технологических процессов, к изменениям в структуре управления общественным производством. В условиях научно-технической революции производственный процесс становится сферой применения науки, а наука — функцией производственного процесса. Насколько важной оказывается оптимальная организация труда в производстве, настолько же существенным становится и организация форм научного познания.

Основой научной политики в нашей стране является проведение исследований в масштабах государства в соответствии с запросами и потребностями общественного производства, изменение структуры научного поиска в зависимости от уровня его индустриально-промышленного обеспечения. На первое место выдвигается плановость и согласованность различных работ отдельных научных коллективов в соответствии с культурными и техническими запросами общества в целом.

В СССР под влиянием научно-технической революции наука становится такой формой деятельности, которая уже не укладывается в существующие отраслевые рамки. Отсюда возникла необходимость создания межотраслевых целевых научно-технических программ. Как подчеркивалось в документах партии, поэтапная реализация целевых комплексных программ — это путь подъема уровня организации всего общественного производства. А интенсификация науки — это прежде всего неуклонное повышение эффективности исследований и разработок с наименьшими материальными затратами¹.

Отмеченные особенности развития современной науки и техники влияют на структуру и характер научного познания. Именно они составляют исторически определенные границы, обуславливающие специфику познавательного процесса, понять которую нельзя без широкого всестороннего осмысления научно-технических достижений

¹ См.: Материалы Пленума Центрального Комитета КПСС, 15 октября 1985 г. М., 1985.

Более того, научные знания о природе и обществе имеют существенное значение и для философского осмысления окружающего мира, места в нем современного человека, для формирования коммунистического мировоззрения. Поэтому единство диалектико-материалистической философии и естествознания в условиях научно-технической революции, как на это указано в решениях XXVI съезда партии и октябрьского (1985 г.) Пленума ЦК КПСС, приобретает еще большую актуальность и идеологическую значимость, ибо своеобразие современной разработки философских проблем естествознания во многом определяется их возрастающим влиянием на развитие производства, на повышение интеллектуального и духовного уровня советского общества.

Марксистско-ленинская философия в целом, в том числе и философские проблемы естественных наук, оказывает воздействие на прогресс науки и, в частности, на прогресс физики. Для понимания этих процессов первостепенное значение имеют ленинские идеи о союзе философов и естествоиспытателей, ленинский подход к глубоким революционным сдвигам в естествознании, его выводы о характере и сущности социально-технических изменений, обусловленных достижениями естественных наук. Ленинское идейное наследие остается незыблемым фундаментом философско-методологических исследований и практических оценок последствий научно-технической революции. С полным правом можно считать современное развитие методологии естествознания органической составной частью ленинского этапа — этапа утверждения материалистической диалектики во всех сферах научно-теоретического и практического познания природы ².

Широко и многогранно содержание методологических проблем современного естествознания. Но особое место в нем занимает соотношение эксперимента и теории — основных форм научного познания, аккумулирующих в себе характерные черты исторического развития науки, раскрывающих основные этапы научного прогресса. В последние годы актуальность этой проблемы заметно возросла в связи с глубокими изменениями в практике научного познания в условиях научно-технической револю-

² См.: Материалы III Всесоюзного совещания по философским вопросам современного естествознания. М., 1981.

ции, в условиях значительно возросшей роли науки в жизни общества.

Особенно заметны изменения в практике физического познания. Как один из лидеров современного естествознания физика, по существу, является необходимым компонентом любой естественнонаучной дисциплины, поскольку своими открытиями и разработками она создает предпосылки для создания принципиально новой исследовательской аппаратуры и техники эксперимента. Так как в ходе своих теоретических построений и при проведении экспериментов физики, как и другие ученые, пользуются законами мышления, осознанно или неосознанно решают основной вопрос философии в пользу материализма (иначе они пришли бы в противоречие с действительностью), можно проследить влияние философии на прогресс физики. Такая конкретизация, на наш взгляд, не снимает общеметодологического значения проводимого рассмотрения, поскольку исследование наиболее развитых форм научного познания позволяет выявить многие его особенности, которые оказываются «скрытыми» в иных областях естественнонаучного знания. Кроме того, именно развитие физического эксперимента и теории в условиях научно-технической революции с особой силой раскрывает взаимосвязь философии и естествознания в постановке и осмыслении познавательных и методологических проблем.

Известный физик-теоретик В. Гейзенберг (1901—1976) спрашивал: «...как вообще может быть связано специальное естественнонаучное открытие с всеобщими философскими проблемами? Очевидно,— писал он,— это возможно только тогда, когда открытие ставит или разрешает очень общие вопросы, то есть вопросы, которые относятся не к какой-то специальной области естествознания, а скорее к научному методу или основным предпосылкам естествознания вообще... Чрезвычайно большое влияние «Principia» Ньютона на мышление последующих столетий покоилось... на том факте, что здесь впервые математически описывались явления природы в их временном развитии, то есть на доказательстве того, что принципиально возможно такое математическое описание природы»³. Выдающиеся открытия в физике в XX в. ха-

³ Гейзенберг В. Открытие Планка и основные философские вопросы учения об атомах.— Вопросы философии, 1958, № 11, с. 61.

рактиризуются развитием и теории, и эксперимента, оказавшими существенное влияние на стиль мышления нашего времени.

Несмотря на достаточную определенность существа теории и эксперимента, характер их взаимосвязи весьма неоднозначен.

Теория прежде всего выступает как система логически связанных положений, объясняющих и предсказывающих закономерности той или иной области природных и общественных явлений. Она же является и методом познания, поскольку в ней в снятом виде сохраняются и преломляются через логическую систему ее основных идей и законов все промежуточные моменты сложной познавательной деятельности человека — субъекта познания. Эта особенность теории создает видимость ее самостоятельного существования, делает ее специфической формой абстрактно-понятийного освоения действительности.

Эксперимент же является формой практической деятельности человека в сфере научного познания, т. е. формой предметно-чувственного воздействия на объект путем изменения условий его существования с целью проверки теоретических предсказаний.

Материалистическое понимание природы научного познания исходит из признания обусловленности теоретического знания практическим экспериментально-производственным отношением человека к природе. Любая теория опирается на объективное основание, выступая в конечном счете обобщенным систематизированным знанием фактического материала. Сам же эксперимент, будучи непосредственным предметно-орудийным воздействием исследователя на объект познания, связан с материальным производством, в нем особенно полно проявляются индустриально-технические возможности исторически определенного уровня развития материального производства.

Вместе с тем эксперимент связан с теорией, обуславливающей его целенаправленный характер, поскольку он проводится для решения тех или иных задач, выдвинутых теорией. Таким образом, теория и эксперимент — это две формы единого деятельного отношения субъекта к объекту. Эксперимент без теории слеп, но и теория без эксперимента, других форм практики — умозрительная спекуляция.

На наш взгляд, понять диалектику взаимосвязи теории и эксперимента, гносеологические корни метафизического и идеалистического понимания этой связи в условиях научно-технической революции можно лишь рассматривая субъектно-объектное взаимодействие как стержневое познавательное отношение. При этом под познающим субъектом понимается социальный субъект (человек, научный коллектив, общество ученых и т. д.), носитель предметно-практической и познавательной деятельности, источник активного воздействия на объект познания. Под последним понимается то, на что направлена познавательная деятельность субъекта, что существует вне и независимо от его сознания.

Логико-гносеологическое моделирование познавательного процесса на основе субъектно-объектного взаимодействия раскрывает ряд существенных моментов во взаимосвязи теории и эксперимента. Каковы же эти моменты?

Прежде всего предметно-деятельный характер эксперимента как формы активного взаимодействия субъекта с объектом предполагает такие познавательные процедуры, как наблюдение и измерение. Особенностью наблюдения является восприятие (созерцание) объектов органами чувств или посредством приборов. Оно не вносит каких-либо изменений в наблюдаемый объект, поэтому в гносеологическом отношении наблюдение можно рассматривать как отражение объекта субъектом, благодаря которому фиксируется качественная определенность объекта.

Измерение представляет собой познавательную акцию, с помощью которой устанавливаются количественные характеристики изучаемых явлений путем сопоставления их с единицами измерения — эталонами. При этом фиксируются не только объективные свойства, но и случайные для данных объектов познания отношения, в которые они вынуждены были вступить по «воле» субъекта. Поэтому измерение можно рассматривать как отражение субъекта в объекте в виде количественной определенности последнего, т. е. нечто противоположное наблюдению. Причем наблюдение и измерение как предметно-чувственные моменты эксперимента представляют собой специфические формы взаимодействия субъекта и объекта познания, и в рамках научного эксперимента эти противоположности едины — наблюдение предполагает измерение, и наоборот.

Теория имеет дело с преобразованными в процессе экспериментального взаимодействия объектами. Поэтому формы, в которых фиксируется теоретическое знание, отражают не только объективные свойства реальных объектов исследования, но и своеобразие предметно-чувственной деятельности субъекта познания. В этой связи существенным моментом познания оказывается объективизация теоретических положений, которая возможна только в ходе эксперимента. Это и делает его исходным и конечным пунктом проверки теоретических представлений.

Но эксперимент как единство наблюдения и измерения внутренне противоречив. И эта его особенность обуславливает альтернативную интерпретацию эпистемологических основ теории на «языке наблюдений» или на «языке измерений», поскольку, на наш взгляд, нет и не может быть объективизации теории вообще, безотносительно к той или другой стороне эксперимента. Эта альтернативность проявляется в виде антиномии как логико-гносеологической формы диалектического противоречия познавательного процесса. Следовательно, антиномия не ограничивается проблемным уровнем теоретического осмысления объектов познания, а включает в себя и «эмпирическое» основание, содержащее в себе противоположные экспериментальные действия. Поэтому разрешение антиномии — это не только раскрытие тезиса и антитезиса, но и реализация конкретного содержательного процесса — эксперимента. Такое понимание субъектно-объектного взаимодействия с точки зрения исторического развития физики и теории познания приводит к следующему.

Для классической физики было характерно главным образом непосредственное субъектно-объектное отношение, в котором теория отражала объективную реальность, а эксперимент рассматривался как естественное дополнение и подтверждение теоретических выкладок. Природа, по выражению К. Маркса, бралась только в форме *объекта*, или в форме *созерцания*, а не как *человеческая чувственная деятельность, практика*, не субъективно⁴. Иными словами, в рамках непосредственного субъектно-объектного отношения главным было содержание исследуемых явлений, а условия познания рассматривались как второстепенные, не вносящие каких-либо изменений

⁴ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 3, с. 1.

в процесс познания. Такая методологическая ориентация господствовала в естествознании вплоть до конца XIX в. (в этот период метафизика выступала как универсальный метод научного познания).

Диалектико-материалистический анализ естествознания впервые был дан Ф. Энгельсом, показавшим, что диалектика — единственный научный метод, соответствующий духу естествознания. «Освобожденная от мистицизма диалектика,— писал он,— становится абсолютной необходимостью для естествознания...»⁵. Стремясь осмыслить естественнонаучное знание через социально-практическую деятельность человека, Ф. Энгельс исследует современную ему науку, вскрывает ограниченность метафизического способа мышления и его противоположность диалектике, которая лишь одна представляет аналог, а тем самым и метод объяснения происходящих в природе процессов развития.

Такой подход не означал простого приложения заранее разработанной логико-познавательной системы к естественнонаучному материалу. Наоборот, он требовал глубокого проникновения в существо тех или иных вопросов, в частности, физико-теоретических, широкого мировоззренческого осмысления, сознательного применения материалистической диалектики к вопросам социальной обусловленности теоретического и экспериментального познания природы. Ф. Энгельс выдвинул диалектико-материалистическое требование единства содержательного и мировоззренческого аспектов научного знания, требование деятельного естественнонаучного эксперимента.

Но реализация этого требования связана и с уровнем исторического развития науки, в том числе и физики. И лишь когда объектами исследования стали такие явления, которые нельзя понять без учета средств и способов познания, началась глубокая перестройка методологических основ науки. Иначе говоря, физика только в процессе своего внутреннего развития смогла «породить» диалектико-материалистическую методологию, обусловленную качественным изменением субъектно-объектного взаимодействия в ходе эмпирического познания.

В рамках современной физики на место непосредственного взаимодействия приходит опосредованное, т. е. отношение типа субъект — прибор — объект познания.

⁵ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 520.

В результате усиленной разработки техники физического эксперимента к концу XIX столетия измерение становится физически содержательным и существенно значимым компонентом экспериментального исследования. При этом оказывается, что прибор выполняет двойную функцию: он выступает средством и наблюдения, и измерения состояний физических объектов.

Это обстоятельство способствовало появлению в теории своеобразной гносеологической «неопределенности», связанной с проблемой однозначной интерпретации теоретических положений. Иными словами, теория приобретает две формы объективизации и на «языке наблюдений», и на «языке измерений», т. е. антиномичность гносеологической интерпретации экспериментальных данных в виде двух взаимоисключающих, логически непротиворечивых теоретических систем, что хорошо прослеживается на примере релятивистской и квантовой механики.

Возникшая на рубеже XIX и XX столетий революция в физике породила кризис ее методологических основ, что при незнании диалектики привело ряд ученых к идеалистическому истолкованию выдающихся открытий (естественная радиоактивность, изменение массы электрона и др.). В. И. Ленин дал глубокий критический анализ различных модификаций идеализма, указал стратегическое направление развития физики, становления в самой науке диалектики. Будущее показало, что ленинское предвидение диалектизации физики нашло подтверждение в современных логико-гносеологических исследованиях фундаментальных принципов и понятий релятивистской и квантовой теории.

Характерной особенностью этих исследований является тенденция, во-первых, раскрыть через соотнесенность субъективного и объективного всеобщее не только в природных явлениях, но и в предметно-чувственном отношении к ним человека; во-вторых, разработать категориальный аппарат, который конкретизирует диалектику научного познания через систему понятий различной степени общности.

Развитие науки во второй половине XX в. определяется широким практическим применением квантовой и релятивистской теории, обусловленным глубокими изменениями в производственной жизни общества под влиянием научно-технической революции. Техническое совершенствование средств познания способствовало эволю-

ции опосредованного субъектно-объектного взаимодействия главным образом по пути организационно-структурного усложнения субъекта познания.

Уже не просто прибор, а технические установки — атомные реакторы, ускорители частиц, радиотелескопы, космические станции и т. п., требующие координированного взаимодействия больших научных коллективов, — определяют характер современного физического эксперимента. Поэтому на место индивидуального исследователя, ученого, творчество которого лишь опосредованно стимулировалось потребностями общественного производства, создавая иллюзию «чистого» развития самой науки, приходит социально-организованный субъект познания — научный коллектив. Его деятельность непосредственно определена задачами внедрения и применения результатов исследования в общественном производстве.

Это ведет и к качественному изменению субъектно-объектного отношения, которое вновь превращается в непосредственное отношение, но уже социально-организованного субъекта и объекта познания. При такой форме взаимосвязи теории и эксперимента наблюдение утрачивает существенно-содержательное значение для эксперимента, а измерение становится фундаментальной основой операциональной стороны познавательного процесса и содержательного аспекта теоретического описания исследуемых явлений. Действительно, автоматическая система измерений, обработка полученных данных электронно-вычислительными машинами, возможность многократного комплексного воздействия на объект — все это делает измерение определяющим в структуре эмпирического исследования.

Возрастающее значение измерения обусловлено еще одной особенностью современного индустриального эксперимента. Поскольку объект познания уже не является чувственно данным, он реализуется при помощи большого числа различных технических комплексов. «Обработанные» всем ходом экспериментально-измерительной практики объекты исследования как бы «выкристаллизуются» в том деятельном процессе, который осуществляет социально организованный субъект познания. В результате теоретическое представление об объекте оказывается стороной практического отношения субъекта к «создаваемому» им объекту через предметно-чувственную деятельность. Следовательно, объект познания может

быть теоретически осмыслен лишь тогда, когда имеется реальная возможность воспроизвести его, исходя из его определенного операционально-содержательного выражения. Таким образом, теоретическое представление об объекте возникает и функционирует как идеальная метаморфоза реального познавательного процесса, фиксируемого теми или иными логико-содержательными и математическими понятиями.

Эта особенность теоретического описания в современной физике становится ясной, если сопоставить его с характером взаимосвязи теории и эксперимента в классической науке. В последней, как правило, абстрактно-всеобщая содержательность теории конкретизируется в том или ином частном случае, т. е. эксперимент оказывается средством, которое подтверждает или отрицает те или иные следствия теоретических положений.

В условиях же современного физического эксперимента теория становится стороной практического отношения к объекту социально-организованного субъекта познания. Поэтому об объекте здесь можно говорить не как о существующем в виде чувственно-воспринимаемого предмета, явления, процесса и т. п., а как о результате деятельной способности субъекта познания, которая реализуется в эксперименте. Поэтому теоретическое описание оказывается, с одной стороны, идеальным образом (своеобразным отражением) объекта познания, с другой — экспериментальной ситуацией, взятой в своих существенных чертах. Отсюда важным моментом научно-методологического исследования становится задача выявления содержательного существа предмета познания и разработка регулятивных положений для экспериментально-измерительных действий.

В нашей философской литературе рассмотрены многие аспекты современного развития материалистической диалектики и естествознания, в том числе и физики, под влиянием научно-технической революции и интегрального воздействия общественных и технических наук, дается всесторонняя критика современной буржуазной методологии научного познания⁶. Поэтому в предлагаемой читателю работе проведена определенная систематизация

⁶ См.: Ленинское философское наследие и современная физика. М., 1981; Принципы материалистической диалектики как теории познания. М., 1984; Физика XX века. Развитие и перспективы. М., 1984; Фундаментальная структура материи. М., 1984.

многих полученных ранее результатов в виде целостного выражения особенностей прогрессирующей физической науки. Это оказывается возможным, если выделить формально-логические и структурно-содержательные элементы теории и эксперимента, тем самым раскрыть их диалектическую взаимосвязь на основе логики-исторического анализа субъектно-объектного взаимодействия в научном познании.

Но как в отдельном проявляется всеобщее, так и в этой работе через отдельные аспекты общей проблемы авторы поставили перед собой задачу показать объективный процесс диалектизации физики, ведущий к ее прогрессивному развитию.

Глава I. ФИЗИКА НА РУБЕЖЕ XIX—XX столетий.

В. И. ЛЕНИН О РЕВОЛЮЦИИ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

В конце XIX — начале XX века был открыт мир атомных явлений. Многочисленные экспериментальные и теоретические исследования коренным образом меняли систему представлений, которая сложилась в физике под влиянием классических воззрений. Начался период не только осмысления новых научных данных, но и критической переоценки основных физических представлений и принципов. Классическая физика, которая опиралась на универсализм механического мировоззрения, показала свое бессилие, несостоятельность при осмыслении новых фактов. Потребовалось создание представлений о квантах, об изменчивости массы, все более отчетливыми становились контуры релятивистских и квантовых представлений, новых не только по своему физическому, но и по методологическому содержанию. Признание отмеченных теоретических воззрений проходило в условиях острой идейно-мировоззренческой борьбы, которая в конечном счете являлась борьбой материализма и идеализма в методологии и интерпретации физического познания.

Все это вызывало глубокий интерес к вопросам гносеологии и методологии, к логике мышления естествоиспытателей, благодаря которой вырабатывались новые теоретические воззрения со стороны как философов, так и самих физиков и математиков. «В наше время,— писал А. Эйнштейн, характеризуя положение в физике того времени,— физика вынуждена заниматься философскими

проблемами в гораздо большей степени, чем это приходилось делать физикам предыдущих поколений. К этому физиков вынуждают трудности их собственной науки»¹.

Эти трудности явились той питательной почвой, на которой выросли многочисленные разновидности идеализма, обусловленные философской некомпетентностью самих естествоиспытателей, а также беззащитностью их стихийного материализма перед наступлением представителей позитивистских, мистических и других идеалистических направлений. Поэтому борьба с различными модификациями идеализма, защита и развитие диалектического материализма в этих условиях приобрели решающее значение. Тем более что эта борьба выходила за рамки естественнонаучной методологии и была связана с острыми идейно-политическими столкновениями, происходившими в начале XX в. в жизни общества.

Решение данной задачи связано прежде всего с именем В. И. Ленина, великого продолжателя дела К. Маркса и Ф. Энгельса. Исходя из положения Ф. Энгельса о том, что с каждым крупным открытием в естествознании, не говоря уже об общественной жизни, материализм должен принимать новую форму или изменять ее, В. И. Ленин развил основные положения диалектического материализма, методологически углубил и расширил содержание важнейших принципов материалистической диалектики. Твердая убежденность в возможности безграничного познания природы и общества, глубокая вера в могущество и силу человеческого разума, страстная защита научной диалектики характеризуют весь ленинский этап в развитии методологии научного познания.

Основные открытия в физике на рубеже XIX—XX столетий. Экспериментальные и теоретические предпосылки современной физической теории

Каковы же были открытия, предопределившие революционные преобразования в физической науке, а вместе с ней и в естествознании в целом? Кратко рассмотрим историю и содержание этих открытий, создание физических теорий, в которых нашла отражение объективная

¹ Эйнштейн А. Собр. науч. трудов. Т. 4. М., 1967, с. 248.

диалектика, господствующая в материальном мире. Движение, развитие, взаимопревращение, изменение и сохранение, несотворимость и неуничтожимость материи просвечиваются в методологии и содержании современной физики весьма ярко.

Напомним читателю, какие события происходили в физической науке того времени. Исследования электрических разрядов в разреженных газах, проведенные Уильямом Круксом (1832—1919) в 80-х годах, показали, что при достаточно высоком разрежении возникает флуоресценция стекла трубки, в которой происходит разряд. Это свечение было следствием взаимодействия катодных лучей со стенками сосуда. Но что представляют собой катодные лучи? Поначалу считалось, что это особая «лучистая материя».

В 1895 г. из работ Жана Перрена (1870—1942) стало ясно, что катодные лучи — это отрицательные электрические заряды. И наконец, в 1897 г. Джозеф Томсон (1856—1940) установил, что катодные лучи — это частицы с отрицательным зарядом и определенной массой, получившие впоследствии название электронов. Существенные выводы из всех этих исследований заключались в том, что электричество имеет дискретную структуру и что во всех явлениях эти атомы электричества имеют один и тот же заряд и массу.

В 1895 г., изучая флуоресценцию, вызываемую катодными лучами, Вильгельм Конрад Рентген (1845—1923) обнаружил, что в местах соударения катодных лучей со стеклом трубки возникает особый вид излучения, названный им X-лучами. Оно не было похожим на катодные лучи и не обладало известными свойствами видимого излучения. Только работы М. Лауэ, У. Г. Брэгга и У. Л. Брэгга показали, что рентгеновские лучи представляют собой волны, длина которых во много раз меньше волн видимого света.

Решая вопрос о возможных причинах испускания рентгеновских лучей фосфоресцирующими веществами, Анри Беккерель (1852—1908) исследовал соли урана. В феврале 1896 г. он случайно обнаружил, что соли урана излучают какие-то лучи, интенсивность которых зависит только от количества урана.

В 1898 г. супруги Пьер (1859—1906) и Мария (1867—1934) Кюри назвали это свойство радиоактивностью и

нашли ряд других веществ, обладающих такими же свойствами: полоний, радий и несколько позже актиний.

Многочисленные исследования, проведенные после 1898 г., показали, что радиоактивность обусловлена атомными процессами и состоит из трех различных видов излучения, названных по предложению Э. Резерфорда α -, β - и γ -излучением. Но в то время это явление было теоретически необъяснимо.

Дальнейшие исследования радиоактивности показали, что в результате радиоактивного распада одни элементы превращаются в другие химические элементы. Это было крайне необычно, поскольку неизменность, несотворимость и неуничтожимость атомов вещества были основополагающими положениями физико-химических воззрений того времени.

Большое значение для развития физики и химии имели работы Д. И. Менделеева (1834—1907), особенно сделанное им в 1869 г. выдающееся обобщение в химии. Мы имеем в виду открытый им периодический закон, выражением которого является периодическая система химических элементов. Уже было ясно, что атомы имеют структуру, что необходимо теоретическое описание атомов, создание их моделей.

Одной из первых была модель, предложенная Дж. Дж. Томсоном и У. Томсоном (Кельвином). Согласно этой модели атом представляет собой равномерное сферическое распределение положительного заряда, внутри которого находятся электроны. Положительный заряд выступал в виде непрерывного облака, а электроны двигались по концентрическим траекториям внутри этого заряда. В 1913 г. Э. Резерфорд предложил свою модель строения атома: в его центре находится ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома, а вокруг него на разном расстоянии вращаются электроны. Однако согласно электронной теории при таком движении должны были излучаться электромагнитные волны, что вело бы к потере энергии электронами, в конечном счете они должны были упасть на ядро, а атом должен был прекратить свое существование. Однако атомы существуют, и этот вопрос оставался открытым.

Модель Э. Резерфорда позволила объяснить экспериментально установленное правило смещения Содди, равенство ядерного заряда порядковому номеру элемента в периодической таблице Менделеева, закон Мозли и

ряд других фактов, но она не объясняла возможность существования атомов.

Особое значение имела работа Н. Бора (1885—1962) «О строении атомов и молекул», вышедшая в свет также в 1913 г. и посвященная проблеме квантования электронных орбит. В основу своей теории наряду с ядерной моделью атома Резерфорда ученый положил и введенное в физику М. Планком (1858—1947) новое понятие — квант действия — \hbar (постоянная Планка). «Что касается законов движения электронов,— писал Н. Бор,— то представляется необходимым ввести в эти законы чуждую классической электродинамике величину, а именно — постоянную Планка или, как ее часто называют, элементарный квант действия. Если ввести эту величину, то вопрос о стабильных конфигурациях электронов в атомах существенно меняется... Настоящая статья является попыткой показать, что применение указанной выше идеи к модели атома Резерфорда создает основу для теории строения атома»².

Интерес к идее квантов был у Н. Бора не случайным. Эта идея уже показала свою плодотворность при объяснении явлений, которые на первый взгляд казались весьма далекими друг от друга. Сама она возникла у М. Планка в связи с изучением проблемы излучения так называемого абсолютного черного тела. В декабре 1900 г. он высказал предположение о том, что энергия, переносимая излучением, делится на небольшие порции (кванты), величина которых пропорциональна частоте излучения, ν , а коэффициентом пропорциональности выступает некоторая постоянная (постоянная Планка) \hbar . Предлагая эту идею, М. Планк рассматривал ее лишь как эмпирическое решение проблемы излучения, которое, он надеялся, будет заменено лучшим. Хотя его работа и вызвала интерес, но вплоть до 1905 г. ни сам М. Планк, ни другие ученые не делали из этой гипотезы далеко идущих выводов.

Совершенно иным был подход к идее квантов у А. Эйнштейна. Он понял, что поиски путей внедрения постоянной \hbar в электродинамику или какую-нибудь другую классическую концепцию обречены на неудачу. Работы А. Эйнштейна по основам статистической механики, броуновскому движению, теории теплостойкости и из-

² Бор Н. Избр. науч. труды. Т. 1. М., 1970, с. 85.

лучению образуют единый комплекс рассуждений, направленных на выявление трудностей теории излучения и на обоснование гипотезы световых квантов.

Открытие М. Планка имело большое философское значение, и это понимали некоторые физики, в частности В. Гейзенберг, который не только хорошо знал историю философии, но и интересовался современной философией. Он писал: «Принципиальный характер того нового, что внес в 1900 году Планк в современную науку, пожалуй, легче понять благодаря указанию, что здесь вновь поставлены те проблемы, которые дискутировались два тысячелетия назад Платоном и Демокритом и которые составляли решающий пункт различия во мнениях между этими двумя философами»³. В. Гейзенберг увидел две линии в философии, о которых писал В. И. Ленин, увидел борьбу материализма и идеализма.

Начиная с 1911 г. число работ, в которых рассматривалась гипотеза квантов, резко возрастает. Особенностью этого периода развития квантовых воззрений была идея о всеобщем квантовом характере любого излучения. Проблема излучения оказалась той областью физики, где исчерпывались возможности классических воззрений.

Представляет интерес оценка идей, охватываемых квантовой проблемой, данная известным французским математиком и физиком Анри Пуанкаре (1854—1912). В заключительной дискуссии на Сольвеевском конгрессе, проходившем в Брюсселе осенью 1911 г., он высказал в виде вопросов следующие соображения: сохраняется ли вообще возможность выражать физические законы дифференциальными уравнениями? Иначе говоря, по какому пути должна идти, ставшая явно неизбежной, реформа основ классической теории? Удастся ли сохранить универсальную непрерывность физических характеристик или абсолютно неизбежно введение требуемой квантовой гипотезой дискретности?⁴ В ходе развития физики были получены ответы на вопросы А. Пуанкаре.

Применение Н. Бором квантовых представлений к атомным системам означало новый шаг в становлении квантовой теории. Благодаря этому стал возможным тео-

³ Гейзенберг В. Открытие Планка и основные философские вопросы учения об атомах.— Вопросы философии, 1958, № 11, с. 61.

⁴ См.: Франкфурт У. И., Франк А. М. У истоков квантовой теории. М., 1975, с. 75.

ретический анализ широкого круга экспериментальных фактов и прежде всего оптических спектров атомов. Н. Бору удалось объяснить эффект Штарка (расщепление спектральных линий в электрическом поле), заложить основы квантовомеханического истолкования таблицы химических элементов Менделеева. И наконец, своими работами Н. Бор определил важное направление в квантовой теории, которое было связано с поисками определенной физической интерпретации создаваемого квантовомеханического формализма.

Начиная с 1920 г. формулируются основы квантовой механики. Важную роль в этом процессе сыграли работы французского физика Луи де Бройля, который выдвинул идею о волновых свойствах вещественной субстанции. В ряде статей он показал связь между движением свободной частицы и распространением волн. Им был поставлен вопрос: является ли электрон частицей или волной? Свои идеи Луи де Бройль в 1924 г. изложил в докторской диссертации. Они были настолько необычными, что, как свидетельствует М. Борн, А. Эйнштейн посоветовал ему прочитать эту диссертацию, сказав при этом: «Прочтите ее! Хотя и кажется, что ее писал сумасшедший, написана она солидно».

Де Бройль создал волновую механику, в которой было показано, что любой частице, обладающей массой покоя, соответствует волновой процесс с определенной частотой. В то же время (в 1925 г.) Вернером Гейзенбергом (1901—1976) была предпринята удачная попытка решить те же вопросы. Им был предложен матричный вариант квантовой механики. Отличаясь математической строгостью и точностью, он позволил рассмотреть широкий круг вопросов, связанных с атомными явлениями.

Наконец, швейцарскому физiku Эрвину Шредингеру (1887—1961), также одному из создателей квантовой механики, удалось не только показать фактическую тождественность волновой и матричной механики, но и получить основное уравнение волновой механики. Так волновые и квантовые представления вошли в структуру современной физики, позволили дать качественно новые характеристики явлений, выразить их в теоретической форме с помощью четко разработанных математических методов.

Не менее важной была и другая проблема, связанная с разработкой электронных представлений о структуре вещества. Стремясь разрешить эту проблему, Гендрик Ан-

тон Лоренц (1853—1928) создал электронную теорию на основе классической электродинамики Дж. К. Максвелла (1831—1879). С точки зрения этой теории каждый электрон создает вокруг себя электрическое поле, а при его движении возникает магнитное поле. Если движение электрона равномерное и прямолинейное, то нет никакого излучения, если же движение электрона замедляется или ускоряется, то, согласно Лоренцу, электрон излучает электромагнитные волны. Электронная теория была шагом вперед в познании электромагнитных явлений, но применение ее к объяснению внутриатомных процессов привело к трудностям, которые преодолела квантовая механика. Теория Лоренца имела исключительный успех. Став вершиной классического понимания электромагнетизма, она вместе с тем внесла определенный вклад в основу неклассической теории. В опубликованной Лоренцем в 1904 г. статье «Электромагнитные явления в системе, движущейся с любой скоростью, меньшей скорости света» мы читаем, что оптические и электродинамические явления, зависящие от величин порядка квадрата отношения скорости поступательного движения к скорости света C , не обнаруживают движения тел относительно эфира. Стремясь обосновать выдвинутую им и другими учеными *ad hoc* гипотезу продольного сокращения быстро движущихся тел, он ввел понятие местного времени и сформулировал свои знаменитые преобразования координат и времени, сыгравшие большую роль в становлении специальной теории относительности.

Как и уравнения Максвелла, уравнения Лоренца были неинвариантными относительно галилеевых преобразований. Обратив на этот факт внимание, Лоренц показал, что его уравнения будут инвариантными при преобразованиях другого типа, которые по предложению А. Пуанкаре получили название лоренцевых преобразований. Таким образом, уравнения электродинамики оказались инвариантными относительно преобразований Лоренца, а уравнения механики — относительно преобразований Галилея. Но в электродинамике, как и в механике, еще сохранялось представление об эфире, заполняющем абсолютное пространство. Поэтому и в электронной теории оставалась открытой проблема физической природы эфира, а вместе с ней и проблема излучения и поглощения веществом электромагнитных волн. Следует напомнить, что одним из основных положений классической

механики является принцип относительности. Сформулированный на основе механических воззрений на природу, он утверждал равноправность инерциальных систем отсчета в описании механических явлений. С появлением электромагнитной теории возник вопрос: «А справедлив ли классический принцип относительности для электромагнитных и оптических явлений?» И так как такие явления объяснялись свойствами эфира, который будто бы проникает повсюду и в него погружены все тела, то возникли две картины взаимодействия источников излучения с эфиром.

Согласно первой — эфир увлекается движущимся источником. Тогда скорость света, поскольку она зависит от скорости движения источника, должна быть различной в разных системах отсчета, значит, справедлив и механический принцип относительности и галилеевские преобразования. Однако такой вывод противоречил опытам, сделанным с целью проверки этой картины (опыты Физо, Фуко, Ньюкомба и др.). Скорость света оказалась одинаковой в любом направлении, независимо от того, движется ли излучаемый источник или нет.

Согласно другой картине эфир абсолютно неподвижен: тела движутся сквозь эфир, который не принимает никакого участия в их движении. Но тогда правомерен вывод о существовании системы отсчета, покоящейся относительно эфира, и различие покоя и равномерного прямолинейного движения становится абсолютным. Следовательно, представление о неподвижном эфире приводит к признанию абсолютной системы отсчета, в которой скорость света одинакова во всех направлениях, но в любой другой она зависит от направления движения.

Эта гипотеза также была подвергнута экспериментальной проверке. Природа предоставила систему, которая движется «сквозь эфир» с достаточно большой скоростью (порядка 30 км/с) — это Земля в своем годичном движении вокруг Солнца. И если отмеченное предположение верно, то скорость света в направлении движения Земли будет отличаться от скорости в противоположном направлении. Проверка этого составила содержание серии опытов Майкельсона и Морли начиная с 1881 г. Оказалось, что никакой зависимости скорости света от направления его распространения не существует. Целый ряд опытов также показал, что и другие полевые явления не зависят от направления движения Земли.

Были придуманы и более сложные теоретические представления, исходящие из частичного увлечения эфира движущимися телами⁵. Но и они оказались несостоятельными! Все попытки установить наличие особой среды — эфира — провалились. В ней не было необходимости даже в качестве носителя электромагнитных возмущений, из-за чего он и был придуман.

Так в теории возникла физическая несовместимость положений, каждое из которых в отдельности не вызвало никаких сомнений. С одной стороны, конечная величина скорости света, не зависящая ни от движения источника, ни от движения приемника, подтверждалась большим числом опытных данных. С другой — принцип относительности в его механической формулировке с утверждением того, что преобразования Галилея — это единственная физически содержательная форма перехода от одной инерциальной системы отсчета к другой. Противоречие очевидно! Объединить указанные положения в единое логическое целое, сохраняя при этом их «классическое» содержание, нельзя. Но все же были предприняты многочисленные попытки так или иначе «примирить» эти положения путем введения разнообразных гипотез (гипотезы Лоренца, Ритца, Герца и др.). Однако все они либо сталкивались с полным несоответствием экспериментальным данным, либо были громоздки и искусственны.

Альберт Эйнштейн (1874—1956) разрешил это противоречие, отказавшись от механического содержания принципа относительности. Это было сделано им в работе, опубликованной в 1905 г. В ней он писал: «Для всех координатных систем, для которых справедливы уравнения механики, справедливы те же самые электродинамические и оптические законы... Это предположение (содержание которого в дальнейшем будет называться «принципом относительности») мы намерены превратить в предпосылку и сделать, кроме того, добавочные допущения, находящиеся с первым лишь в кажущемся противоречии, а именно, что свет в пустоте всегда распространяется с определенной скоростью, не зависящей от состояния движения излучающего тела»⁶. Таким образом, исходными положе-

⁵ См.: Вавилов С. И. Экспериментальные основания специальной теории относительности. М.—Л., 1928.

⁶ Эйнштейн А. Собр. науч. трудов. Т. 1. М., 1965, с. 7.

ниями специальной теории относительности (СТО), или релятивистской механики, явились: 1) постоянство скорости света во всех системах отсчета, движущихся прямолинейно и равномерно относительно друг друга, и 2) любые законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета (специальный принцип относительности).

Важнейшим понятием релятивистской механики стал пространственно-временной интервал, инвариантность которого позволяет выявить характер перехода от одной инерциальной системы отсчета к другой и тем самым функциональную зависимость различных описаний. Такой переход выражается преобразованиями Лоренца, в которых в отличие от преобразований Галилея преобразуется временной параметр. Поэтому если в классической механике размеры тел и длительность процессов были абсолютны и не требовали ссылки на определенную систему отсчета, то в релятивистской механике эти характеристики зависят от системы отсчета и в каждом конкретном случае требуется особое рассмотрение физического смысла, в частности, таких характеристик, как одновременность или пространственные размеры какого-либо тела в данной системе отсчета.

Релятивистская механика — это новая физическая теория, классическая механика стала ее частным случаем. Ее возникновение привело к весьма значительным изменениям как в физике, так и в научной картине мира. В специальной теории относительности были установлены зависимость массы от скорости, взаимосвязь массы и энергии $\Delta E = \Delta mc^2$ (так называемое соотношение Эйнштейна), являющиеся основой современной ядерной энергетики. Кроме классических законов сохранения импульса и энергии, в физическую теорию был введен единый закон сохранения энергии-импульса. Пространственное и временное описание физических явлений дополнилось пространственно-временным описанием с привлечением псевдоевклидова математического формализма, что в дальнейшем, с созданием общей теории относительности позволило радикальным образом пересмотреть проблему гравитации, которая оставалась неизменной со времени Ньютона.

Таким образом, если квантовая механика развивалась прежде всего на основе теоретического осмысления нового эмпирического материала, то релятивистская механика явилась результатом глубокого теоретического ана-

лиза основных положений классической теории: понятий одновременности, инвариантности, скорости распространения взаимодействия и др. Эти экспериментальные и теоретические открытия обусловили революционное преобразование физики, предопределили качественное изменение ее методологии.

Субъективно-идеалистическая сущность эмпириокритицизма и метафизическая ограниченность современной неопозитивистской методологии науки

Многочисленные экспериментальные и теоретические исследования атомных явлений сопровождались проявлением глубокого интереса и к более широким вопросам познавательного характера, которые составляют содержание научной методологии. Что такое опыт? Правомерно ли говорить о реальности явлений, которые не даны непосредственно в ощущении? Что такое ощущение? Возможно ли истинное объективное знание? И т. д. и т. п. Между тем своеобразие методологии состоит в том, что только средствами философского анализа можно осознать теоретико-познавательное значение тех принципов и положений, которые определяют содержательность естественнонаучных воззрений. Но как только научное исследование вступает в область методологии, оно сталкивается с дилеммой — материалистическим или идеалистическим обоснованием процесса познания. И хотя общественная практика и само естествознание постоянно опровергают основной постулат идеалистической философии — первичность и независимость мышления от материи, тем не менее развитие науки, особенно физики, на рубеже XIX и XX вв. породило попытки примирить идеализм с новыми естественнонаучными данными.

К концу XIX столетия идеалистическая философия все более тонко маскирует свое противостояние материализму. В ней возникает ряд школ и направлений, в которых научное знание рассматривается то как специфическая схема, свойственная субъекту познания, то как особая форма его организации и т. п. Объективность и истинность знания отодвигаются на задний план, считаются чем-то второстепенным, имеющим смысл только в рамках старой онтологии. Все чаще материалистическое решение основного вопроса философии рассматривается так, «что материальное, истолкованное как нематериаль-

ное, объявляется первичным. При этом материальное лишается присущих ему конкретных свойств, превращается в абстракцию, противопоставляется природным вещам, то есть превращается в сверхприродную силу»⁷. Иначе говоря, идеализм мысли заменяется идеализмом ощущения. Такая метаморфоза идеалистической философии была обусловлена не только ее собственной исторической эволюцией, но и в значительной мере властным требованием бурно развивающегося естествознания. В этой связи в своей работе «Материализм и эмпириокритицизм» В. И. Ленин отмечал, что идейный кризис идеализма вынуждает его сторонников «отречься» от него, выдавать его модификации за окончательное преодоление антитезы материализма и идеализма, привлекая к этому данные естествознания⁸.

С подобными несостоятельными попытками выступили физик Э. Мах и философ Р. Авенариус.

Провозгласив себя представителями «истинной» философии науки, они утверждали существование философии критического опыта — эмпириокритицизма, будто бы способного решить те «метафизические» проблемы, которые позитивизм раньше отвергал, ссылаясь на здравый смысл, на позитивные данные науки, поскольку необходимо было показать, как и в каком отношении к основным линиям в философии находятся данные новейшего естествознания.

В. И. Ленин последовательно разоблачает попытки эмпириокритиков идеалистически перетолковать материалистическое решение основного вопроса философии и тем самым примирить идеализм с данными физической науки. Он подчеркивает, что особенность такого подхода состоит в том, что не просто объявляется первичным сознание, а говорится о бытии (материи), которое рассматривается как особая нематериальная сущность (комплексы ощущений, элементы мира и т. д.). Эмпириокритики стремились доказать, что их теоретические взгляды

⁷ Ойзерман Т. И. Кризис современного идеализма, М., 1972, с. 14.

⁸ Имеется обширная марксистская литература, посвященная работе В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм», поэтому авторы не ставят перед собой задачу пересказать содержание имеющихся публикаций или дать исчерпывающую характеристику всех аспектов гениального ленинского труда. Мы рассмотрим лишь те его аспекты, которые имеют прямое отношение к нашей теме.

преодолевают как материализм, так и идеализм, и что новые естественнонаучные данные не противоречат их философским воззрениям. Но Мах *«забывает»* свою собственную теорию,— отмечает В. И. Ленин,— и, начиная говорить о различных вопросах физики, рассуждает по-просту, без идеалистических выкрутас, т. е. материалистически... Собственная теория Маха есть субъективный идеализм, а когда нужен момент объективности,— Мах без стеснения вставляет в свои рассуждения посылки противоположной, т. е. материалистической теории познания»⁹.

В. И. Ленин показывает, что эмпириокритицизм — это субъективно-идеалистическая философия, продолжающая линию Беркли-Юма.

Стремление сторонников субъективного идеализма доказать, что теоретическое естествознание не противоречит ему, было связано прежде всего с изменением гносеологического статуса теории. Раньше считалось, что простого расширения сферы применимости общих положений вполне достаточно, чтобы получить «метафизику материи», что физико-теоретические положения целиком определяли и определяют объективное знание о мире. Такая метафизическая точка зрения реализовалась в двух тенденциях в физическом познании.

Одна была связана с подменой философских понятий физическими, которым придавался статус мировоззренческих категорий. Эта тенденция обуславливалась весьма емким содержанием классической физики, которая, охватывая различные области природных явлений, выявляла при этом своеобразные «теоретические инварианты», такие, как законы сохранения (импульса, момента импульса, энергии), различные константы взаимодействия и т. п. Поэтому нередко тот или иной «теоретический инвариант» рассматривался в качестве исходного мировоззренческого начала. Такой, в частности, явилась методология так называемого энергетизма.

В. И. Ленин, анализируя эту тенденцию, подверг критике известного химика В. Освальда, который заявил, что ни материя, ни сознание не могут быть приняты за первичное. Им является энергия, которая ни материальна, ни духовна. Материя и дух возникают из «гносеологически нейтральной» энергии. Таким образом, энергетизм

⁹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 60—61.

Освальда был той разновидностью новейшего идеализма, который под видом позитивной оценки естествознания утверждал первичность духовного не прямо, а косвенно, исходя из гносеологически нейтрального начала — энергии.

Другая тенденция определялась механическим направлением в физическом познании, которое еще поддерживалось большинством физиков. Но в условиях глубокой гносеологической переоценки научного знания сами физики «боролись с метафизическим... материализмом,— отмечал В. И. Ленин,— с его односторонней «механичностью»,— и при этом выплескивали из ванны вместе с водой и ребенка. Отрицая неизменность известных до тех пор элементов и свойств материи, они скатывались к отрицанию материи, то есть объективной реальности физического мира. Отрицая абсолютный характер важнейших и основных законов, они скатывались к отрицанию всякой объективной закономерности в природе, к объявлению закона природы простой условностью, «ограничением ожидания», «логической необходимостью» и т. п. Настаивая на приблизительном, относительном характере наших знаний, они скатывались к отрицанию независимого от познания объекта, приблизительно верно, относительно правильно отражаемого этим познанием»¹⁰.

Эмпириокритицизм не требовал, чтобы наука отказалась от своих исходных и, по существу, материалистических положений, но он признавал их правомерность лишь при условии релятивного истолкования данных науки. Иначе говоря, из того факта, что научные представления изменяются в ходе развития познания, делался вывод, что и само существование объектов познания есть не более чем теоретическое допущение, которое, как и всякое допущение, может оказаться ошибочным и неточным. «Новая физика свихнулась в идеализм,— резюмирует В. И. Ленин,— главным образом, именно потому, что физики не знали диалектики»¹¹. Поэтому физический идеализм является прямым следствием эмпириокритической попытки разрешить гносеологические трудности физического познания путем подмены философской постановки вопросов физико-теоретической и путем абсолютизации относительного характера научного знания.

¹⁰ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 277.

¹¹ Там же, с. 276—277.

Особое место занимает точка зрения видного французского математика и физика А. Пуанкаре. Подчеркивая своеобразие теоретического знания, он писал: «Откуда происходят первоначальные принципы геометрии? Предписываются ли они логикой? Лобачевский, создав неевклидовы геометрии, показал, что нет. Не открываем ли мы пространства при помощи наших чувств? Тоже нет, так как то пространство, которому могут научить нас наши чувства, абсолютно отлично от пространства геометра. Проистекает ли вообще геометрия из опыта? Глубокое исследование покажет нам, что нет. Мы заключим отсюда, что эти принципы суть положения условные... В механике мы придем к аналогичным заключениям и увидим, что принципы этой науки, хотя и более непосредственно опираются на опыт, все-таки еще разделяют условный характер геометрических постулатов»¹².

В. И. Ленин специально выделяет позицию А. Пуанкаре: «Перед нами,— говорит А. Пуанкаре,— «руины» старых принципов физики, «всеобщий разгром принципов». Правда,— оговаривается он,— все указанные исключения из принципов относятся к величинам бесконечно малым,— возможно, что других бесконечно малых, которые противодействуют подрыву старых законов, мы еще не знаем,— и радий к тому же очень редок, но во всяком случае *«период сомнений»* налицо»¹³. Какой же вывод делает А. Пуанкаре из этого «периода сомнений»? И В. И. Ленин отмечает: «...Не природа дает (или навязывает) нам понятия пространства и времени, а мы даем их природе»; «все, что не есть мысль, есть чистейшее ничто». Это — выводы идеалистические. Ломка самых основных принципов доказывает (таков ход мысли Пуанкаре), что эти принципы не какие-нибудь копии, снимки с природы, не изображения чего-то внешнего по отношению к сознанию человека, а продукты этого сознания»¹⁴. Иными словами, наука в лучшем случае дает лишь практические рецепты, а не действительное знание. Такой вывод следовал из попыток метафизически оценить своеобразие развития, прогресса физики того периода.

Резюмируя итоги анализа кризиса физики, В. И. Ленин писал: «...В философском отношении суть «кризиса

¹² Пуанкаре А. О науке. М., 1983, с. 9.

¹³ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 267.

¹⁴ Там же.

современной физики» состоит в том, что старая физика видела в своих теориях «реальное познание материального мира», т. е. отражение объективной реальности. Новое течение... видит в теории только символы, знаки, отметки для практики, т. е. отрицает существование объективной реальности, независимой от нашего сознания и отражаемой им»¹⁵. И далее: «Материя исчезла» — так можно выразить основное и типичное по отношению ко многим частным вопросам затруднение, создавшее этот кризис»¹⁶.

«Материя исчезает» — такой вывод делался прежде всего из отождествления вещества с материей, метафизического представления о свойствах материальных объектов, из абсолютизации тех исходных положений классической физики, которые создавали иллюзию ее завершенности и законченности. Под напором новых фактов во всей сложности стала проблема реальности внешнего мира. Если вещество исчезает, как считали многие физики, то вполне приемлемо, с этой точки зрения, говорить и о крахе материализма, так как на место вещества можно выдвинуть другие «мировые» субстанции — эфир и т. п., которыми можно и нужно заменить понятие «материи».

В этой связи В. И. Ленин отмечал, что такое «исчезновение материи» не имеет никакого отношения к действительному различию материализма и идеализма, которые «различаются тем или иным решением вопроса об *источнике* нашего познания, об отношении познания (и «психического» вообще) к *физическому* миру, а вопрос о строении материи, об атомах и электронах есть вопрос, касающийся только этого «физического мира»¹⁷. Позитивистский тезис «материя исчезла» означает, что мысль осталась. В действительности материя, т. е. объективная реальность, существующая независимо от познающего субъекта, не может исчезнуть, «исчезает тот предел, до которого мы знали материю до сих пор, наше знание идет глубже; исчезают такие свойства материи, которые казались раньше абсолютными, неизменными, первоначальными... и которые теперь обнаруживаются, как относительные, присущие только некоторым состояниям мате-

¹⁵ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 271.

¹⁶ Там же, с. 273.

¹⁷ Там же, с. 274.

рии. Ибо *единственное* «свойство» материи, с признанием которого связан философский материализм, есть свойство *быть объективной реальностью*, существовать вне нашего сознания»¹⁸.

То, что отдельные физики подвергали критике материализм, означало, что критиковался не материализм вообще, а материализм метафизический, т. е. антидиалектический, который не удовлетворял их методологическим потребностям. Нередко переоценка исходных положений классической физики, например неизменность массы, которая отождествлялась с материей, переходила в связи с установлением изменчивости массы, превращением массы покоя в массу излучения в отрицание объективной реальности самой природы. С точки же зрения диалектического материализма понятие материи «не означает гносеологически *ничего иного*, кроме как: объективная реальность, существующая независимо от человеческого сознания и отображаемая им»¹⁹. Исторически ограниченный и относительно верный характер научного познания рассматривался рядом физиков как свидетельство бессилия науки и непознаваемости ее объектов.

Между тем с точки зрения диалектико-материалистической методологии неизменно только одно: это отражение человеческим сознанием независимо от него существующего и развивающегося внешнего мира. «Диалектический материализм настаивает на временном, относительном, приблизительном характере всех этих *вех* познания природы прогрессирующей наукой человека...» и в этом отношении «природа бесконечна, но она бесконечно *существует*, и вот это-то единственно категорическое, единственно безусловное признание ее *существования* вне сознания и ощущения человека и отличает диалектический материализм от релятивистского агностицизма и идеализма»²⁰.

Как уже отмечалось, огромный экспериментальный и теоретический материал, связанный с атомными явлениями, стал ареной ожесточенной борьбы материализма и идеализма. Так, например, отдельные ученые и философы, критикуя метафизико-материалистическую методологическую основу классической физики и неудачные попыт-

¹⁸ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 275.

¹⁹ Там же, с. 276.

²⁰ Там же, с. 277—278.

ки с ее помощью понять новые явления, отбрасывали и материалистическое положение о движении как неотъемлемом атрибуте материи. Но, отделяя материю от движения, они, по сути дела, протаскивают мысль, оторванную от материи²¹. Ведь, с их точки зрения, «проще», «экономнее» мыслить движение без материи.

Отстаивая диалектико-материалистическое понимание единства материи и движения, этого важнейшего мировоззренческого положения, В. И. Ленин писал: «Диалектический материалист не только считает движение неразрывным свойством материи, но и отвергает упрощенный взгляд на движение и т. д... Сказать ли: мир есть движущаяся материя или: мир есть материальное движение, от этого дело не изменяется»²². Единство материи и движения есть условие их взаимного существования и заключается в том, что нет материи без движения, а движения без материи. Любое движение и изменение в мире есть движение и изменение объективной реальности, существующей независимо от человека и лишь отражаемой человеческим сознанием.

С этой точки зрения любая попытка стать «выше» вопроса об отношении материи и сознания путем введения «психофизических элементов» или «энергии» и т. п. как исходных субстанций всего существующего по сути своей означала лишь гносеологическое смещение существа вопроса. «Если энергия есть движение,— замечает В. И. Ленин,— то вы только передвинули трудность... только переделали вопрос: материя ли движется? в вопрос: материальна ли энергия? Происходит ли превращение энергии вне моего сознания, независимо от человека и человечества или это только идеи, символы, условные знаки и т. п.? На этом вопросе и сломала себе шею «энергетическая» философия, эта попытка «новой» терминологией замазать старые гносеологические ошибки»²³.

Итак, В. И. Ленин показал, что в рамках теоретико-познавательных аспектов новой физики по-прежнему стоят «старые» философские вопросы. Безусловно, что форма их постановки, характер формулировок меняются, но неизменным остается их философское содержание. Научные понятия являются отражением существенных связей

²¹ См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 284.

²² Там же, с. 285—286

²³ Там же, с. 286—287.

и отношений между объектами материального мира, в них обобщаются данные опыта. Идеалистическое представление о понятиях как о «фикциях», иероглифах, символах подвергает сомнению существование материального мира. В новых условиях, в период революции в физике, идеализм меняет свою форму, вбирая в себя, так сказать, новую терминологию, облачаясь в одежды «истинной» философии науки. На повестку дня стала необходимость замены метафизического материализма материализмом диалектическим. В. И. Ленин пророчески писал: «Материалистический основной дух физики, как и всего современного естествознания, победит все и всяческие кризисы, но только с непременной заменой материализма метафизического материализмом диалектическим»²⁴. Этот процесс успешно идет в современной физике.

Следует обратить внимание и на то, что позитивистское понимание философских проблем физики было обусловлено также резким увеличением удельного веса математического описания в физике, а это «*при незнании диалектики* — неминуемо ведет к идеализму»²⁵. На место непосредственного субъектно-объектного отношения, столь характерного для классической физики, все больше выходит опосредованное средствами познания экспериментальное субъектно-объектное взаимодействие, а это ведет физику к математизации: теоретическая физика в известном смысле превращается в математическую физику.

Давая общую характеристику позитивистской, в том числе и эмпириокритицистской, методологии, мы воспользуемся ленинской оценкой идеализма. Это «пустоцвет, растущий на живом дереве, живого, плодотворного, истинного, могучего, всесильного, объективного, абсолютно, человеческого познания»²⁶.

Современная физика делает уверенные шаги в сторону диалектического материализма, идя «к единственно верному методу и единственно верной философии естествознания...»²⁷. Это проявляется и в соотношении эксперимента и теории.

²⁴ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 324.

²⁵ Там же, с. 327.

²⁶ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 322.

²⁷ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 332.

Глубокое переосмысление роли и значения эксперимента в познании было и остается характерной чертой мучительного «порождения» физикой диалектики. Кроме «живого и жизнеспособного существа», оно давало и «мертвые продукты», обусловленные явной или неявной спекуляцией на трудностях развития физической науки. Именно к таким «отбросам» в идейно-теоретическом отношении принадлежит эмпириокритицизм со всеми своими оттенками (физический идеализм, энергетизм и т. п.), который претендовал на особую методологическую и мировоззренческую роль в познании. Несостоятельность его претензий «удовлетворить» методологические «запросы» физического познания была показана В. И. Лениным. Эмпириокритицизм стремился к формально-логической «гармонизации» наличного знания, пытался устранить противоречия познания путем только манипуляций со знаками и символами. В противоположность этому материалистическая диалектика ориентирует естествоиспытателей на выявление существенных противоречий, на поиск конкретных путей их разрешения.

В первой половине XX в. возрастают темпы прогрессивного развития физики — сформировалась квантовая механика, бурно развивается физика атомного ядра и физика элементарных частиц, астрофизика и др. Примерно в это же время на философскую арену выходит и неопозитивизм. Последний стремится еще более сузить область методологического анализа естественнонаучного материала, ограничиться логико-лингвистическими формами познавательного процесса. Особое значение приобрело исследование эмпирико-познавательных сторон теоретического знания, которое неопозитивизм проводил, наследуя позитивистскую методологию и субъективно-идеалистическую гносеологию эмпириокритицизма.

Интерес к формально-знаковому аспекту теоретического знания способствовал разработке вопросов логической природы научного мышления, а это на первых порах создавало иллюзию методологической эффективности неопозитивистского анализа. Как уже отмечалось, центральным в рассмотрении методологических проблем естествознания становится опыт, эксперимент. Будучи формой практического отношения человека к внешнему миру, он выступает единством чувственно-предметного и идеально-понятийного освоения мира. Но с точки зрения неопозитивизма опыт сводится к форме деятельности

субъекта, к той или иной совокупности его переживаний, ощущений, представлений и идей. Объективная сторона, связанная с реальным объектом опытного исследования, оказывается вне рамок философского анализа, и лишь логический аспект эмпирико-познавательного процесса становится определяющим в методологическом исследовании. Поэтому неопозитивизм не ограничивается только эмпирико-чувственной стороной опыта, как это делал эмпириокритицизм, а рассматривает и его логические компоненты.

Вообще говоря, выделение логических элементов опытного знания имело большое значение для его всестороннего анализа. Однако субъективно-идеалистическая ориентация, столь свойственная неопозитивизму, неизбежно вела к отрыву логической сферы познания от ее предметно-чувственного основания. А это превращало методологический анализ в исследование логико-лингвистических форм познавательного процесса, в выявление смысла соответствующих терминов и символов, ясности и точности понятий. Абсолютизируя эту сторону познания, рассматривая логические и лингвистические формы независимо от содержания выражаемых ими понятий, а последние независимо от реальных объектов, неопозитивизм превращал методологический анализ в метафизическую трактовку языковых форм, а главную задачу философии сводил к исследованию правил научного языка, отбрасывая проблему внешнего мира, сознания и т. п. Вот, например, некоторые характерные высказывания видных представителей неопозитивизма. «Большинство предложений и вопросов, высказанных по поводу философских проблем не ложно, а бессмысленно...— писал Л. Витгенштейн.— И не удивительно, что самые глубочайшие проблемы на самом деле не есть проблемы»²⁸. Ф. Франк в своей работе «Философия науки» отмечал: «Понятия «материя», «сознание», «причина» и «действие» и им подобные являются теперь терминами только обыденного здравого смысла и не имеют места в строгом научном рассуждении»²⁹.

Мы обратим внимание именно на те проблемы, которые наиболее ярко раскрывают антидиалектический, т. е.

²⁸ Витгенштейн Л. Логико-философский трактат. М., 1958, с. 44.

²⁹ Франк Ф. Философия науки. М., 1960, с. 114.

метафизический характер основных идей и принципов неопозитивизма ³⁰.

Прежде всего следует отметить центральную гносеологическую проблему — проблему верификации знания (от лат. *verificare* — «доказывать истину»), которая связана с установлением истинности или ложности научных предложений путем сравнения их содержания с опытными данными. Но истинность или ложность теоретических высказываний в значительной мере связана с определенным пониманием опыта. Еще В. И. Ленин отмечал, что под словом «опыт», несомненно, может скрываться и материалистическая и идеалистическая линия в философии, а равно и юмистская и кантианская ³¹.

Субъективно-идеалистическое понимание опыта, унаследованное неопозитивизмом от эмпириокритицизма, игнорирует его независимое от субъекта содержание, рассматривает объективный аспект опыта как область псевдопроблем. Отсюда в качестве опыта выступает либо «психическое как реальное» (М. Шлик), либо «субъективные переживания» (Р. Карнап), либо восприятия как «состояния сознания» (Л. Витгенштейн) и т. п. Следовательно, процедура верификации заключается в сопоставлении содержания теоретического высказывания с субъективно понимаемым опытом. Совокупность операций при таком сопоставлении определяет «осмысленность» или содержательность данного высказывания.

Легко видеть, что верификация знания ограничивается чувственной сферой индивида, личный опыт которого в значительной мере обусловлен субъективными ощущениями и представлениями. Такое ограничение означает растворение социальной деятельности человека в биологическом функционировании его как природного существа. Кроме того, сведение познавательного процесса к индивидуальным актам не дает объективного критерия истинности научного знания. Ведь взгляды и идеи субъекта в этом случае проверяются самим субъектом, а это необ-

³⁰ В этой связи отметим, что в работе мы не ставим задачу всестороннего освещения и анализа многочисленных направлений и школ, существующих в современном неопозитивизме, задачу, которая достаточно полно решена в исследованиях Г. А. Курсанова, И. С. Нарского, А. Н. Новикова, И. З. Налетова, Г. А. Оруджева, Г. И. Розенталя, Э. М. Чудинова, В. С. Швырева, В. А. Лекторского, А. В. Панина и др.

³¹ См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 152—153.

ходимо ведет к солипсизму, действительная оценка их исчезает, поскольку утверждение об истинности высказываний означает не объективное соответствие их реальности, а соответствие идеям и представлениям самого субъекта; возникающим на основе личной, индивидуальной деятельности.

Стремясь ослабить требование к верификации как к только чувственно-эмпирической проверке индивидом, неопозитивисты вводят ряд промежуточных элементов, в частности систему протокольных предложений (Р. Карнап, О. Нейрат). В этом случае всякое теоретическое высказывание может быть рассмотрено как структурное целое, состоящее из двух уровней — из протокольных предложений, т. е. предложений, фиксирующих наблюдаемые факты, и из общих положений, связанных с опытными данными посредством протокольных предложений. В том случае, когда общие положения нельзя представить системой простых (протокольных) предложений, непосредственно сводимых к эмпирической проверке, они должны быть исключены из науки как не имеющие смысла. Что касается эмпирической проверяемости протокольных предложений, то они будут эмпирически содержательными, если эти предложения строятся по правилам своего языка. Причем любой их дескриптивный термин таков, что можно указать предложение, содержащее этот термин, истинность которого определяет предсказание некоторого наблюдаемого события³². Следовательно, критерием в конечном счете остается сравнение (сопоставление) с чувственными данными личного опыта познающего субъекта.

Принцип верификации тесно переплетается с принципом простоты. Лучшая верифицируемость, т. е. доказуемость, той или иной системы высказываний может быть осуществлена путем отбора сравнительно простых из совокупности конкурирующих систем. Но если экспериментальные данные не укладываются в данную систему теоретических положений, то последние не отбрасываются. Наоборот, по мнению К. Поппера, в этом случае проблема эвристической простоты связывается с принципом фальсифицируемости знания.

³² См.: Хилл Т. И. Современные теории познания. М., 1965, с. 396.

С этой точки зрения простые высказывания предпочтительнее потому, что они легче поддаются фальсификации, т. е. опровержению. Иллюстрируя эвристический характер этого принципа, К. Поппер утверждал, что, например, Кеплер исторически был прав, начав с гипотезы о том, что планеты движутся по круговым орбитам. Эта гипотеза легче фальсифицируется, чем другая, согласно которой планеты движутся по эллипсам. Поэтому негативный результат, полученный Кеплером, был его первым действительным успехом⁸³.

Итак, верификация — одна из основных теоретико-познавательных проблем неопозитивистской методологии. По своему конструктивному содержанию она обусловлена глубокими качественными сдвигами в научном понимании опыта, его соотносительности с теорией, которые выражали опосредованный характер субъектно-объектного взаимодействия в процессе познания. Но, не приемля диалектики, игнорируя общественно-исторический характер человеческой практики, оставаясь в рамках субъективно-идеалистической трактовки опыта, неопозитивизм, по сути дела, метафизически решает проблему истинности теоретического знания вообще и физико-теоретического в частности.

Недостаточная эффективность анализа познавательного процесса с точки зрения, игнорирующей внутренний смысл и содержание научного знания, привела к возрождению в неопозитивистской методологии интереса к семантической оценке гносеологических и методологических проблем. Именно с позиции семантики неопозитивизм попытался вскрыть значение как языка науки, так и ее логико-познавательных форм — понятий и суждений. В этом плане особое значение имела категория «семантическая система». Последняя строится на основе определенных правил связи или образования, правил обозначения и получения истины и т. д., которые позволяют рассматривать эту систему как отображение некоторой содержательной теории. Абстрактное рассмотрение этих правил связывает семантические системы с принципом конвенции (лат. *conventio* — «договор», «соглашение»).

Конвенционализм как одно из направлений неопозитивистской методологии означает, что теоретические принципы какой-либо теории или системы устанавлива-

⁸³ См.: Методологические принципы физики. М., 1975, с. 88.

ются условно, по соглашению. Выбор исходных определений и положений обусловлен тем, что для проверки высказываний недостаточно однозначного соответствия эмпирических и логических элементов семантической системы. Поэтому развитое теоретическое знание имеет конвенциональный характер. Таким, в частности, с точки зрения конвенционалистов, является физико-теоретическое знание.

Конвенциональность в физике проявляется в разных формах. Так, в качестве критерия выбора из конкурирующих положений могут быть взяты соображения удобства описания, целесообразности решения конкретных задач, принцип экономии мышления, адекватный принципу простоты и т. п. Например, выбор различных единиц измерения мотивируется практическими соображениями, связанными с характером измеряемых объектов, целесообразности и удобства применения этих единиц.

Развивая идеи А. Пуанкаре, сторонники конвенционализма (Г. Рейхенбах, А. Грюнбаум) утверждают, например, что «сами эмпирические факты не диктуют однозначно истинность либо евклидовой, либо одной из конкурирующих с ней неевклидовой геометрий в силу отсутствия у пространства внутренне присущей ему метрики»³⁴. Но, отставив взгляд на своеобразную метрическую аморфность, конвенционализм распространяет подобную точку зрения и на все физические законы, поскольку они существенно связаны с метрикой пространства и времени.

Воспроизводя обоснованные критические замечания в адрес конвенционализма, следует в то же время иметь в виду увеличение удельного веса конвенциональных моментов в современной физической теории, обусловленное широким применением различных логико-структурных приемов: гипотетико-дедуктивное или аксиоматическое построение теории и т. п. В этих условиях одни и те же факты могут быть совместимы с различными описаниями, что определяет конвенцию в теоретическом познании. Так, конвенциональность присуща эквивалентным описаниям, различающимся характером применяемого научного языка, например матричная и волновая формулировки квантовой механики. В ряде случаев конвенция существенным образом изменяет содержание теории, хотя с

³⁴ Г р ю н б а у м А. Философские проблемы пространства и времени. М., 1969, с. 49.

точки зрения опыта ни одному из получаемых при этом описаний нельзя отдать предпочтения. Подобная ситуация весьма характерна в методологическом анализе основных принципов релятивистской и квантовой механики ³⁵.

С точки зрения конвенционализма существенным критерием отбора той или иной системы описаний может быть только их формально-логическая непротиворечивость. Последняя имеет смысл тогда, когда существует хотя бы одна интерпретация этих описаний независимо от того, распространяется она на область реальных или абстрактных объектов. Только в этом случае система описаний превращается в совокупность осмысленных положений, к которым применим критерий верификации знания.

Итак, конвенционализм вырастает прежде всего на почве абсолютизации отдельных сторон и особенностей познавательного процесса, сохраняя в себе характерные для неопозитивизма субъективный идеализм и метафизику. Конвенциональная точка зрения неизбежно ведет к отказу от объективной истины. Еще В. И. Ленин, критикуя конвенционализм в воззрениях А. Пуанкаре, отмечал, что в этом случае «законы природы суть символы, условности, которые человек создает ради *«удобства»*» ³⁶.

Семантическая оценка истины не оставляет в стороне и ее критерий. Высказывание можно считать истинным, если оно соответствует реальному положению вещей, которое определяется здравым смыслом индивидуального человеческого опыта. Более того, это соответствие рассматривается не через фактическое содержание, а через формально-содержательную структуру данного положения. Отсюда две важные формы истины: фактическая *F*-истина и логическая *L*-истина. Высказывание обладает фактической истинностью, если оно согласуется с фактами или иными внешними референтами. Высказывание рассматривается как логически истинное, если оно согласуется с другими суждениями в соответствии с законами и правилами формальной логики. В таком понимании критерия истины большое значение имеют факты. Однако если материализм рассматривает факты как констатацию

³⁵ См.: Чудинов Э. М. Природа научной истины. М., 1977, с. 234.

³⁶ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 170.

объективных явлений, то здесь факты понимаются как нечто непосредственно данное, наблюдаемое, выступающее в виде определенных фиксированных предложений, т. е. субъективно-идеалистически. Развивая положения семантического логицизма, Р. Карнап проводит разграничение между пониманием непосредственной данности в философии и в физике. И так как интерпретация физико-теоретического описания требует сопоставления с объективными характеристиками явлений, то особое значение приобретает принцип непосредственной наблюдаемости.

По Р. Карнапу, быть наблюдаемым в философии означает быть непосредственно воспринятым органами чувств, т. е. быть качественно констатируемым. В физике под наблюдением понимается определенная количественная характеристика, т. е. в этом случае наблюдаемым является все то, что может быть измерено каким-либо образом (например, длина — с помощью линейки, время — с помощью часов и т. п.). И если непосредственно данные составляют эмпирические законы, то логически истинные высказывания содержат в себе «ненаблюдаемые термины», которые могут быть выведены из этих законов при помощи правил соответствия³⁷.

Правила соответствия обуславливают теоретический и эмпирический язык физического описания. Теоретический язык может быть символизирован и как таковой служит средством не только объяснения, но и предсказания. Его логическая истинность определяется внутренними формально-логическими связями того или иного предложения с другими в зависимости от семантических правил соответствия, а не отношения к внешним референтам. «Предложение σL — истинно в семантической системе S , — отмечает Р. Карнап, — если и только если σ истинно в S таким образом, что его истинность может быть установлена на основе одних лишь семантических правил системы S без всякой ссылки на (внеязыковые) факты»³⁸.

Такой методологический подход в физико-теоретическом познании, с точки зрения неопозитивистов, позволяет избежать «метафизических» вопросов о том, что та-

³⁷ См.: Карнап Р. Философские основания физики. М., 1971, с. 301—302.

³⁸ Карнап Р. Значение и необходимость исследований по семантике и модальной логике. М., 1959, с. 40.

кое электрон, физическая реальность и т. п. А главная задача методологического анализа сводится к реконструкции языка научного знания, структура которого задается правилами математической логики. Именно язык науки оказывается тем исходным пунктом, в котором сосредоточиваются все теоретико-познавательные проблемы.

Безусловно, реальный процесс научного познания и особенно физического, имея дело с объектами, требующими исключительно сложной системы опосредованного взаимодействия с субъектом познания, в теоретическом отношении предполагает развитый логический аппарат анализа. Поэтому возрастает удельный вес разнообразных формально-логических критериев и оценок, реализующих логическую непротиворечивость в построении научно-теоретических систем. Однако в рамках неопозитивистской методологии этот момент абсолютизируется, рассматривается как единственно возможный теоретико-познавательный аспект научного знания.

Критически оценивая формализм и априоризм в понимании логического критерия истины, А. Эйнштейн отмечал: «Из двух теорий с одинаково «простыми» основными положениями следует предпочесть ту, которая сильнее ограничивает априори качества систем (то есть содержит наиболее определенные утверждения)» и далее «теория представляется нам более ценной тогда, когда она не является логически произвольным образом выбранной среди приблизительно равноценных и аналогично построенных теорий»³⁹. А это означает, что логически стройная и последовательная теория должна быть глубоко содержательной по своей основе, а не по формально-априорной структуре.

Таким образом, то, что истинность высказываний тождественна принятию последних в определенной системе научного языка с помощью правил соответствия, означает, что она отождествляется с ее формально-логическими и структурно-семантическими условиями. Все это исключает вопрос об объективном критерии истины, лежащем вне логики и семантики — в сфере реальной экспериментально-практической деятельности. Марксистско-ленинская философия показала, что практика, опыт, эксперимент являются критерием истины. Всякая же постанова

³⁹ Эйнштейн А. Собр. науч. трудов, т. 4, с. 266—267.

этой проблемы вне практики, по известному замечанию К Маркса, есть схоластический вопрос.

С точки зрения неопозитивизма теоретико-познавательная деятельность сводится в конечном счете к законам оперирования языковыми выражениями. Это ведет к тому, что субъектно-объектное отношение оказывается отношением застывших противоположностей, двух качественно различных сфер. В силу этого научное познание осуществляется только в виде непосредственного восприятия индивидом наличного бытия. Метафизически понятый субъект познания оказывается простым наблюдателем, стоящим в созерцательной позе по отношению к метафизически понятой им действительности как к комплексу готовых данных, которые он может принять или опровергнуть. Таким образом, попытка разрешить познавательные проблемы в рамках неопозитивистской методологии привела лишь к инверсии исходных проблем: от верификации научного знания — к его фальсифицируемости, от игнорирования «метафизических» положений — к признанию их полезности и необходимости для научного исследования. Все это дает основание рассматривать неопозитивистскую постановку методологических задач как проявление модифицированной формы метафизики и идеализма в научном познании.

Современная научно-техническая революция со всей остротой поставила вопросы осмысления широкого круга методологических проблем естествознания. И если с точки зрения диалектического материализма эти проблемы решаются на пути все более полного раскрытия социально обусловленного характера научного поиска, то в буржуазной философии эти проблемы решаются с иных позиций. А именно: многочисленные гносеологические концепции, развиваемые в современном позитивизме, объединяются стремлением выявить сущность научного познания путем анализа структуры индивидуального сознания.

Абсолютизируя индивидуально-разумную деятельность, современный неопозитивизм смещает центр методологического исследования с объективности теоретических положений на анализ разного рода «оснований» познавательного процесса: совокупность регистрирующих и измерительных операций, коммутативных средств, логический анализ языка и т. д. и т. п. При этом за всей пестротой научной терминологии кроется субъективный

идеализм с солидной долей психорационалистического и логико-семантического содержания.

В этом плане отметим два весьма типичных направления в обосновании научного познания, и в частности физического,— это операционализм и методология семантического анализа.

Операционализм в методологии науки возник в 30-х годах нашего столетия и в 50-е годы достиг наивысшего влияния на науку. Именно в этот период физическое познание все более явственно превращалось в разновидность интеллектуального производства, а физический эксперимент приобретал индустриальные черты. Это выявило ряд логических проблем, связанных с интерпретацией используемого в физике математического аппарата, с выяснением смысла физических понятий и т. п. И хотя идеи об отождествлении предложений с операциями проверки были впервые высказаны еще в 1921 г. английским физиком Норманом Кэмпбеллом, однако наиболее полно идеи операционализма были разработаны американским физиком-экспериментатором Перси Уильямом Бриджменом (1882—1961). В своей книге «Логика современной физики» (Нью-Йорк, 1927) и других более поздних работах он неоднократно подчеркивал необходимость анализа смысла научных понятий и в этой связи сформулировал ряд методологических предписаний. Последние составили основу операционализма как одного из вариантов неопозитивистской и прагматической философии. Его нередко называют и операциональным эмпиризмом, поскольку в философско-методологическом отношении здесь на первый план выдвинут опытный аспект познания.

Как отмечалось, научный прогресс нашего времени в значительной степени обусловлен индустриальным характером физического эксперимента, который повлек за собой глубокие изменения и в организационной структуре познавательного процесса. Все более усложняющаяся техника средств исследования означала и усложнение структуры субъекта познания. На место индивидуального исследователя становится социально организованный субъект познания — научный коллектив, непосредственно противостоящий объекту познания. В этих условиях определяющим моментом субъектно-объектного взаимодействия выступает измерение, для которого планируется и проводится эксперимент. Вместе с этим как инди-

видуально-разумное существо субъект познания противостоит объекту опосредованным образом — через систему сложных и многообразных технических средств — и в своей теоретической деятельности создает идеальный образ исследуемых явлений. Эти изменения в научном познании были осознаны неопозитивизмом со всеми его гносеологическими особенностями и получили специфическую методологическую окраску и абсолютизацию в рамках операционализма ⁴⁰.

С его точки зрения, единственным методом экспериментального познания являются только измерительные операции. Поэтому действительным содержанием и смыслом научных понятий может быть совокупность соответствующих операций измерения. Всякое понятие синонимично определенному множеству операций и обратно, каждое множество операций эквивалентно понятию, которое уникально в том смысле, что ему соответствует только одно множество операций. Важной особенностью является также и то, что физические операции должны быть актуальными. Поэтому и понятия могут быть определены только в рамках актуального эксперимента. Они теряют смысл по отношению к тем явлениям, с которыми нет и не может быть экспериментального контакта и о которых, следовательно, нельзя высказать каких-либо утверждений. Всякая экстраполяция должна учитывать этот момент и может быть оправдана только возможностью своей экспериментальной реализации.

Таким образом, под истинным знанием операционализм понимает не знание о том, чем что-то является, а знание того, как мы к чему-то приходим. Уникальность выполняемых экспериментатором действий требует выявления всех физических операций при определении понятия. И вообще каждая операция неповторима, так как она осуществляется в данном месте и в данное время и т. д. Более того, операции не могут быть обобщены, так как подобное обобщение нарушает адекватность операций и понятия. Но в таком случае, казалось бы, невозможны понятия операционального характера. Поэтому существенным требованием операционализма к действиям, в тер-

⁴⁰ Ограничиваясь методологической оценкой операционализма в рамках субъектно-объектного взаимодействия, мы не ставим задачи его всестороннего анализа, который дан в ряде работ советских философов: Д. П. Горского, Г. А. Курсанова, В. А. Лекторского, В. С. Швырева, Э. М. Чудинова и др.

минах которых даются определения понятий, является повторяемость и осуществимость. Иными словами, операции должны быть такими, чтобы можно было указать по меньшей мере на два метода получения одного и того же результата в пределах заданной точности.

В этой связи особое значение приобретает определение физических величин через описание совокупности соответствующих им экспериментально-измерительных операций. Отмечая это, П. Бриджмен писал: «Вообще мы понимаем под каким-либо понятием не более чем совокупность операций. Если понятие физическое, как, например, длина, операции являются действительными физическими операциями, а именно такими, посредством которых измеряется длина; если понятие мысленное, как, например, математическая непрерывность, операции являются мысленными операциями, а именно такими, посредством которых мы определяем, представляет ли собою данная величина непрерывное образование»⁴¹.

Итак, под операциональными определениями П. Бриджмен понимает определения физических величин через описание совокупности специфицирующих их экспериментально-измерительных операций. По мысли П. Бриджмена, эти определения являются исходными и фундаментальными для физики, поскольку в этом случае мы опираемся лишь на непосредственную материальную деятельность и свободны от описания одних величин через другие величины-конструкты. В физике не должно быть ничего такого, что не опиралось бы на эксперимент. И в целях достижения подлинной объективности и обеспечения плодотворного развития науки необходим детальный, тщательный анализ деятельности физика, активно вторгающегося в изучаемую область явлений.

Нет и не может быть также каких-либо общих принципов, которые бы предопределяли или ограничивали возможности нового опыта. Необходимо описывать и координировать естественнонаучные понятия, не абстрагируясь от субъекта, осуществляющего операции по обнаружению и измерению тех или иных свойств исследуемых объектов. Правда, необходимы и определенные объясняющие гипотезы. Однако важно, чтобы соответствующие им тезисы и понятия были бы включены в теорию лишь тог-

⁴¹ Bridgman P. W. The Logic of modern Physics. N. Y., 1958, p. 5.

да, когда они получают жесткую экспериментальную проверку, связанную опять-таки с осуществлением ряда измерительных процедур. Последние более непосредственны, доступны и проверяемы, чем те свойства объектов, которые обнаруживаются и измеряются с их помощью.

Вводя операционные определения, П. Бриджмен обстоятельно анализирует их содержание и роль в научном познании. Так, подчеркивая тривиальный характер измерения длины в простейших случаях, он отмечает весьма сложный характер этой процедуры, когда требуется более высокая точность измерения. Эти трудности еще более возрастают при измерении длины движущегося тела. Именно эти трудности, по мнению П. Бриджмена, и были предметом исследования А. Эйнштейна, который стремился свести их к более простым, руководствуясь соображениями естественного применения соответствующего математического аппарата к вычислению длины. Здесь длина оказывается функцией скорости, хотя длина по Эйнштейну и длина в элементарном смысле связаны между собой: «В обоих случаях в пределе, когда скорость измеряющей системы стремится к нулю, операции стремятся к операциям измерения длины для стационарного объекта»⁴². «Длина», по Эйнштейну, не означает того же самого, что и длина в обыденном опыте. Это разные понятия, хотя и имеющие некоторые общие черты.

Аналогичные моменты имеют место и при измерении объектов различных размеров. Так, при измерении больших участков Земли используется теодолит, действие которого основано на иных измерительных операциях, чем те, которые применяются при домашнем измерении длины. Помимо определенной совокупности вычислительных операций, здесь предполагаются абсолютно прямыми лучи света и правомерность евклидовой геометрии. Правда, этот прибор можно заменить и жестким масштабом в земных условиях. Совершенно иное дело возникает при измерении расстояния между космическими объектами. Здесь оптические способы измерения нельзя заменить непосредственными измерениями так, чтобы можно было бы сравнить и сопоставить результаты. Поэтому здесь понятие расстояния — длины — существенно отличается от обыденного понятия длины.

⁴² Op. cit., p. 13.

Когда же расстояния становятся чрезвычайно малыми и достигают масштабов, используемых при описании атомов и ядер, то здесь также возникает иная ситуация по сравнению со случаями непосредственных измерений с помощью жестких масштабов. Так, говоря о размерах атома, отмечает П. Бриджмен, мы неявным образом говорим о решениях уравнений, которые включают в себя теорию электричества и которые экстраполированы из областей, где они проверены экспериментально, на области, в которых их корректность является проблематичной. «Фактом является то,— пишет он,— что понятие длины исчезает как независимая вещь и определяется весьма сложным образом другими понятиями, каждое из которых при этом изменяет друг друга, в результате чего мы приходим к тому, что целая совокупность понятий, используемых на этом уровне при описании природы, сводится к числу»⁴³.

Как следствие этого выступает положение о четкой спецификации всех деталей, имеющих отношение к процедуре измерения. Опыт всегда подтверждает ошибки, и при расширении границ опыта при всевозрастающей точности измерений может оказаться, что те условия и детали, которые якобы не влияли на результаты измерений, в действительности оказывают на них серьезное воздействие.

В принципе операции, посредством которых измеряется длина, должны быть специфицированы единственным образом. Ибо коль скоро мы одну и ту же физическую величину измеряем различными способами, а описание этих процедур специфицирует соответствующую физическую величину, то мы во всех таких случаях будем иметь дело с различными понятиями этой величины. Поэтому статус физически реального понятия может быть приписан лишь тем из них, которые могут быть определены различным и независимым друг от друга множеством физических операций. Так, понятие напряженности упругого тела имеет физически реальное определение, а понятие электрического поля не имеет. Оно обладает чертами удобного конструкта, вспомогательного представления, ибо нет ни одной физической операции, независимой от операций, определяющих поле, посредством которой можно было бы убедиться в его реальности. Точно так же,

⁴³ Op. cit., p. 23.

с точки зрения П. Бриджмена, лишены смысла, физически реального содержания и такие понятия, как «абсолютное время» или «абсолютное пространство», ибо не существует физических операций, с помощью которых можно было бы приписать тому или иному событию предикат абсолютного времени или места.

В отличие от подобных представлений понятия объектов нашего повседневного опыта физически содержательны, поскольку они успешно «работают» в опыте. «В моей попытке решить проблему адаптации к моему окружению,— отмечал в этой связи П. Бриджмен,— я изобретаю приспособления, некоторые из которых оказываются эффективными, и я использую их в своем мышлении. Существование — это термин, предполагающий эффективность некоторых из этих приспособлений. Понятия стола, облака помогают обращаться с некоторыми аспектами моего опыта, поэтому они «существуют»⁴⁴.

Нетрудно заметить, что пафос операционализма направлен прежде всего против созерцательной трактовки физического эксперимента, согласно которой роль измерения, по существу, ограничивается математическим расчетом. Но, абсолютизируя тот факт, что в современном эксперименте операционные определения приобретают особое значение, операционализм подводит под такие определения любые действия экспериментатора вплоть до вычислительных процедур, так называемых «бумажно-карандашных» операций.

Таким образом, в своей основе операционализм отождествляет свойства объектов и человеческую деятельность, обращенную на эти объекты. Более того, он отождествляет операции с содержанием самих физических объектов, поскольку операциональные определения показывают, что надо делать субъекту познания, чтобы в опыте, в его действиях возникли бы определяемые свойства объекта. Объект операционализм сводит к дефиниции в зависимости от той или иной операции. Это создает видимость того, что в теории идет речь не о действиях субъекта, а о том, что происходит с объектом как с некоторым теоретическим понятием, термином или знаком. Следовательно, общефилософским коррелятом операционализма оказывается субъективный идеализм, поскольку

⁴⁴ Bridgman P. The Nature of Physical Theory. Princeton, 1936, p. 51.

понятия, с которыми имеет дело наука, не отражают чего-то такого, что существует в действительности, а являются лишь синонимами совокупностей операций исследования над чувственно-данным материалом, выражающим в конечном счете поведение самого исследователя.

Подчеркивая своеобразие и уникальность каждой операции, операционализм выдвигает положение о различных понятиях, соответствующих одной и той же величине. Но тогда возникает вопрос: а как же возможна формулировка законов науки, которые, как известно, обладают определенной общностью в пределах той или иной области исследования? Ведь строго следуя операциональной методологии, мы должны иметь дело со множеством законов, к тому же, очевидно, нельзя было бы сопоставлять значения величин, полученных по разным формулам.

Подобного рода возражения с точки зрения операционализма снимаются следующим образом. Теоретический конструкт будет иметь статус физически реального, если введенный в теорию посредством логических операций, он одновременно может быть описан и операционально. Здесь оказываются существенными следующие методологические принципы, благодаря которым устанавливается субординация между различными в операциональном смысле понятиями: 1) принцип совпадения результатов измерения, 2) принцип сведения сложных случаев экспериментальных процедур к простым и тривиальным операциям и 3) принцип предельного перехода.

Принцип совпадения, или принцип экстенциональности, позволяет отождествлять, считать неразличимыми описания, которые однозначно соотносятся с одними и теми же объектами или их множествами. Так, например, можно отождествлять понятия «равносторонний прямоугольник» и «прямоугольный ромб», поскольку они экстенционально равны — им соответствует одно и то же множество объектов — квадратов. В физическом плане, если две совокупности экспериментально-измерительных процедур по отношению к одной и той же величине дают один и тот же результат, то описания этих процедур, как и соответствующие им понятия, тождественны. Так, можно утверждать, что имеем дело с одним и тем же понятием длины, если ее величина устанавливается либо с помощью жестких масштабов, либо с помощью световых или звуковых волн, либо посредством радарных устано-

вок и т. д., при этом во всех случаях получаем один и тот же результат в границах заранее заданной точности измерения.

Что касается второго принципа, то он утверждает возможность применения первого и в более сложных случаях, когда, используя методы редуccionных (упрощающих) процедур, можно свести их к ряду простых. Так, например, можно осуществить измерение движущегося тела путем сведения к измерению покоящегося.

И наконец, принцип предельного перехода составляет основу отмеченных редуccionных методов, поскольку, устанавливая определенные математические и физические зависимости, он обеспечивает выполнение двух предыдущих принципов.

Если же указанные принципы не выполняются, то мы имеем дело с различными понятиями. Следует заметить, что, говоря о действиях, используемых для определения понятий, операционализм рассматривает их в качестве не подлежащих дальнейшему анализу и принимаемых как некоторое неразложимое целое в определенном экспериментальном контексте.

Таким образом, по своему методологическому существу операционализм видит в научных понятиях только вычислительный или операциональный результат, ограничивая познавательный процесс измерительными процедурами, отождествляя определения понятий с уравнениями, в которые входят те или иные физические величины. Как отмечает М. Бунге, «уравнения, связывающие величины, служат для вычисления, а не для определения... В действительности мы никогда не вычисляем такие величины, как протяженность или сила; мы только вычисляем их числовые значения. Так, когда мы вычисляем t через f или a посредством $t = f/a$, то мы лишь оперируем с числовыми переменными или, иначе, вычисляем значение f или a . Это одно из оснований, в силу которого второй закон Ньютона нельзя применять для определения массы через понятия силы и ускорения»⁴⁵.

Такая методологическая ориентация необходимо ведет к расширительному толкованию самой операции. Как уже отмечалось, П. Бриджмен рассматривал операцию не только как совокупность экспериментально-измерительных процедур, но и как совокупность вычислитель-

⁴⁵ Бунге М. Существуют ли операциональные определения физических понятий? — Вопросы философии, 1966, № 11, с. 69.

ных действий по соответствующим формулам при условии, что значения переменных в этих формулах взяты из опыта, на основе применения тех или иных операций. Это дает возможность включить в операциональную интерпретацию теории и так называемые конституитивные определения (Г. Маргенау), т. е. определения физических величин на основе формул. В результате получается общее описание мысленных формальных ситуаций, в которых можно получить значения одной величины на основе знания значений других величин.

Между конституитивными и операциональными понятиями может быть установлена определенная эквивалентность в том случае, когда измеряемые и вычисляемые значения физических характеристик совпадают с необходимой степенью точности. Более того, конституитивные определения нередко характеризуют качественный уровень теоретического анализа. Хорошей иллюстрацией этого является пример с определениями понятия силы, приводимый Д. П. Горским⁴⁶.

Сила может быть определена как: 1) причина движения, 2) толчок или тяга, 3) физическая величина, пропорциональная растяжению пружины в пружинных весах, 4) то, что заставляет растягиваться пружину весов, 5) то, что нейтрализует вес и измеряется величиной веса, который ее уравнивает, 6) то, что является причиной отклонения от прямолинейного равномерного движения материальных тел, 7) масса, помноженная на ускорение, 8) отрицательный градиент потенциальной энергии и т. д. Из этого списка операциональными будут определения 3, 4, 5 и 6, а конституитивными — 7 и 8.

Выделяя операциональные определения как единственно научно содержательные, операционализм крайне негативно относится ко всякого рода иным теоретическим конструктам, отрицая возможность какого-либо иного выражения объективно-сущностного содержания исследуемых объектов. В этом отношении операциональный эмпиризм ведет к феноменализму научного познания, способного в лучшем случае обеспечить лишь семантический анализ научного языка. Разного рода модели, идеализации и формализации операционализм рассматривает как некоторые дидактические средства, способные обеспечить

⁴⁶ См.: Горский Д. П. Операциональные определения и операционализм П. Бриджмена.— Вопросы философии, 1971, № 6, с. 106—107.

удобство и простоту математического описания или взаимопонимания. Что касается истинного знания, то его дефиниция в операционализме выражается через верификацию тех или иных определений, либо операциями измерения в заданных границах точности, либо «успешным» функционированием того или иного понятия в общем контексте эмпирико-теоретического описания.

Таким образом, в методологическом отношении операционализм неправомерно суживает понятийный аппарат научного познания, в частности физики, исключая из языка науки объективно значимые, но эмпирически непосредственно не подтверждаемые термины и понятия, отождествляя измерительные и вычислительные действия с существом теоретического анализа.

Но если операционализм метафизически абсолютизирует деятельную сторону эмпирического познания, то столь же метафизически абсолютизируется в современном неопозитивизме и другая — разумно-рефлекторная — сторона познавательного процесса, когда на первое место выдвигается задача исследования языка науки. Еще логический эмпиризм пытался путем анализа синтаксиса различных языковых форм, существующих в науке, решать многие гносеологические и методологические проблемы. В дальнейшем этот анализ был дополнен другими видами — психопрагматическим и особенно семантическим анализом (Т. Котарбинский, А. Тарский, Р. Карнап и др.).

В самом общем смысле семантика как область теоретического исследования рассматривает вопросы адекватного определения правил интерпретации или правил соответствия области объектов или денотатов и символических семантем. Применительно к исследованию терминологических конструктов в физике семантический анализ заключается, с одной стороны, в установлении правил соответствия между этими конструктами и объектами физической науки, с другой — в рассмотрении прикладной семантики в качестве методологической основы исследования естественнонаучных терминов. При этом речь идет не столько об особенностях конкретных языковых систем, сколько главным образом о возможности их реконструкции по типу математических и логических символических систем. Таким образом, рассматривая область языковых явлений, семантическая философия включает гносеологическую проблематику, связанную с

отношением к объективной реальности, заменяя это отношение синтаксической формой и семантическими связями между высказываниями.

Метафизически понимая единство языка и мышления, семантический анализ исходит прежде всего из отождествления мысли и предложения, перенося логические значения суждений на те или иные вербальные (словесные) конструкции. С этой точки зрения нельзя говорить об истинности или ложности суждений как логических форм адекватного или неадекватного отражения реального положения вещей. Можно говорить лишь только об истинности или ложности предложений, поскольку они в своей коммутативной функции являются высказываниями определенных мыслей. Иначе говоря, истинность, как и ложность, предложений выступает в том смысле, в каком говорится об истинности и ложности суждений, ибо вопрос о суждениях в логическом смысле представляет вопрос о содержании предложений.

Данная постановка во многом обусловлена особенностью познавательного процесса, выражающейся в том, что индивид непосредственно противостоит не объекту познания, а совокупности структурно-координационных отношений «внутри» социально-организованного субъекта познания. С этой точки зрения становится понятной следующая аргументация Т. Котарбинского, одного из представителей семантической философии. С его точки зрения, следует, что только в предложениях названия «истинный» и «ложный» употребляются буквально, выступают в роли аутентичных сказуемых. Без всяких оговорок можно сказать, например, «первое предложение в том сообщении является ложным» или «последнее предложение, высказанное субъектом Н. Н., было истинным» и т. д., поскольку о предложении, выражающем суждение, можно говорить как об истинном или ложном, лишь употребляя эти значения во вторичной роли, подобно тому как об идущем человеке можно сказать, идет он нормально или хромот. Подобный номеналистический прием семантического анализа исходит из того, что, ограничиваясь продуктами языка, можно тем самым решить основные гносеологические вопросы научного знания.

Отождествляя мышление с языком, семантический анализ делает последний объектом логического исследования. И здесь обнаруживается, что по отношению к естественному языку невозможно определить понятие ис-

тины и оперировать этим понятием в согласии с законами логики. Как показали исследования А. Тарского, определение истины как верного отражения объективной реальности в рамках требований семантического анализа приводит к парадоксам. Последние возникают в высказываниях, предметом которых являются языковые выражения. В частности, таким семантическим парадоксом является парадокс типа «лжец». Например, (предложение, взятое в скобки, ложно). Если это предложение истинно, то из его содержания следует, что оно ложно. Если же оно ложно, то опять-таки из его содержания вытекает, что оно истинно. Таким образом, в противовес закону противоречия оно в любом случае истинно и ложно.

Такого рода парадоксы, по мнению А. Тарского, возникают лишь потому, что к предложениям естественного языка не применимы логические характеристики истинного или ложного значения, ибо естественный язык обладает избыточной информацией, что и создает неопределенность смысла и значения предложений. В этой связи главной задачей семантического исследования становится задача формализации языка с целью предельного уточнения употребляемых понятий путем построения метаязыка и языка-объекта. «Если мы,— пишет, например, Р. Карнап,— анализируем язык, то, разумеется, имеем дело с выражениями... Соответственно этому мы различаем три области исследования языка. Если в исследовании есть ясное указание на то, кто говорит, или — выражаясь более обще — на то, кто употребляет язык, мы относим это исследование к области прагматики... Если мы отвлечемся от того, кто именно употребляет язык, и проанализируем только выражения и их десигнаты (означаемое), мы окажемся в области семантики. А если, наконец, отвлечемся и от десигнатов и проанализируем лишь отношения между самими выражениями, мы попадем в область синтаксиса (логического). Вся же наука о языке, состоящая из названных трех частей, называется семиотикой»⁴⁷. Таким образом, по Карнапу, семантическая философия складывается из области отношений выражений к субъекту, области отношений языковых единиц к объекту и области их взаимных отношений.

⁴⁷ Карнап. Introduction to Semantics. Harward University Press, 1946, p. 9.

Построение метаязыка и языка-объекта означает конструирование семантической системы, которая включает в себя такие моменты, как классификация знаков, установление правил образования и обозначения, правил истинности и т. д., ведущие в конечном счете к установлению семантических закономерностей как для эмпирической, так и для теоретической терминологии. В этой связи возникают два возможных подхода к семантическому анализу естественнонаучной терминологии.

Первый связан с переходом от элементарной группы терминов, непосредственно связанных с чувственно-воспринимаемыми свойствами вещей, к абстрактно-теоретической группе. Второй подход предполагает обратную процедуру — переход от семантического анализа теоретических терминов к элементарным — эмпирическим. Первый путь предпочтителен, хотя не всегда известны правила образования низших терминов через высшие. Но именно это обстоятельство в значительной степени стимулировало развитие семантического анализа в нахождении наиболее адекватных правил связи между теоретическими и эмпирическими терминами. Так, на место редукционных правил Шлика стали коррелятивные определения Рейхенбаха, затем операциональные определения Бриджмена и, наконец, правила корреспонденции Кэмбелла — Карнапа.

Следует заметить, что семантический анализ, как и логический эмпиризм, принимает язык-объект, или наблюдаемый язык, в качестве базиса всей совокупности научной терминологии, стремясь выявить значение отдельных терминов этого языка в их связи со свойствами вещей. Вместе с тем, например, Р. Карнап неоднократно отмечал, что нельзя установить строгого разграничения между базисными теоретическими терминами, нередко принимая это разграничение за исходную посылку. Более того, эмпирические термины часто слишком неопределенны и многозначны. Так, можно выделить четыре основных смысла термина «наблюдение». Во-первых, это чувственное, пассивное восприятие явлений внешнего мира; во-вторых, это процесс фиксации совокупности данных, полученных с помощью технических средств — технических границ наблюдения; в-третьих, это процедура, связанная с возможностью выполнения определенных теоретических действий — теоретико-научная граница наблюдения; в-четвертых, это процесс, связанный с возможностью вос-

приятия некоторых свойств и отношений между объектами, которые хотя и не доступны восприятию, но не противоречат законам логики — логическая граница наблюдения и т. д.⁴⁸

Этот далеко не полный перечень употребления термина «наблюдение» показывает, что возможность его применения лежит в весьма широком диапазоне. Поэтому объяснение значимости того или иного научного термина, так или иначе связанного с данным, должно удовлетворять целому ряду требований. Для системы научных терминов вопрос о значении оказывается еще более сложным и опосредованным. Как отмечал Р. Карнап, «одна из основных проблем — это проблема определения критерия значимости теоретического языка, то есть определение точных условий, которым должны удовлетворять термины и предложения теоретического языка, чтобы иметь позитивную функцию для объяснения и предсказания наблюдаемых событий и, таким образом, быть эмпирически значимыми»⁴⁹. Иными словами, представить всю совокупность компонентов теоретического языка через и посредством терминологии наблюдения. Отсюда — важность правил сведения теоретической терминологии к наблюдаемой при помощи разного рода предложений: редукционных, коррелятивных, корреспондирующих и т. д., получивших наибольшее распространение в семантическом анализе.

Логическим завершением методологической программы определения значимости естественнонаучной терминологии становится проблема ее элиминации (удаления), которая состоит в замене теоретической терминологии логико-математической. Причем совокупность новой системы терминов, в отличие от старой, может быть уже объяснима с помощью терминологии наблюдения, и, что особенно важно, здесь уже не возникают семантические парадоксы, которые были присущи старой системе, основанной на естественном языке.

Легко видеть, что подобное «снятие» гносеологической проблемы является следствием общей методологической позиции семантической философии, а именно: логика и математика не детерминированы объективной реаль-

⁴⁸ См.: Позитивизм и наука. М., 1975, с. 176.

⁴⁹ Carnap R. The methodological Character of Theoretical Concept. «Minnesota Studies in the Philosophy of Science». 1956, v. 1., p. 38.

ностью, а относятся к области чистого мышления. Поэтому семантический анализ смещает гносеологическую и онтологическую проблематику в логико-математическую область исследования, широко используя в качестве аналитического аппарата понятия «переменная», «класс», «отношение» и др.

Таким образом, абсолютизируя индивидуальный компонент субъектно-объектного взаимодействия, семантическая философия вычленяет наблюдаемый аспект научного познания, связанный в конечном счете с совокупностью логико-семантических приемов, т. е. определений. К тому же она неправомерно расширяет понятийный и вербальный каркас научного знания, в результате чего исключаются вопросы сколь-нибудь содержательного выявления истинности или ложности теоретических концепций естественнонаучного или иного характера.

Как операционализм, так и семантический анализ разрывают действительное диалектическое содержание субъектно-объектного взаимодействия в условиях индустриального эксперимента, сводят его к той или иной противоположности, представляя последнюю внутренне непротиворечивой и исчерпывающей природу познавательного процесса. Такая односторонность, преувеличение одной из сторон действительного содержания с необходимостью ведет к идеализму и метафизике, облаченным в новую терминологию, но столь же бесплодным и тупиковым тенденциям научной методологии, какие имели место и в начале XX столетия, в период глубокого революционного преобразования физической науки.

Глава II. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ДИАЛЕКТИКО-МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИИ СОВРЕМЕННОГО ФИЗИЧЕСКОГО ПОЗНАНИЯ

- В исследованиях философов-марксистов было показано, что содержание теоретического мышления в конечном счете обусловлено предметно-чувственной деятельностью общественного человека. Иными словами, своеобразие того или иного этапа теоретического и экспериментального развития науки связано с особенностями материально-технической структуры производительных сил общества, зависит от осознания общих тенденций взаимодействия науки с производством. Общественно-историческое по-

знание, взятое в своих наиболее общих и необходимо существенных моментах, выступает как процесс преобразования окружающего мира. Задача методологического исследования — осмыслить этот процесс в логических категориях, раскрыть формы и закономерности становления категориального аппарата научного знания.

Глубокие социальные сдвиги и революция в физике позволили В. И. Ленину не только развить применительно к новому историческому этапу диалектический материализм, но и вскрыть главное направление в физике и науке в целом, связанное с материалистической диалектикой как методологией самого научного познания. Поэтому в дальнейшем встала задача раскрыть содержательный аспект этого развития, показать действие диалектики в многообразных сферах научного поиска.

Если эмпириокритицизм ограничивался эмпирико-чувственной стороной опыта, а неопозитивизм логико-семантическим анализом понятий, то диалектический материализм ставил и ставит во главу угла методологического исследования взаимосвязь и взаимодействие экспериментально-практического и теоретического знания.

Заметим, что в научной литературе философский анализ физических проблем наиболее разработан. Это дает нам возможность ограничиться лишь общими характеристиками основных черт методологии современного физико-теоретического познания.

Своеобразие диалектико-материалистического подхода к методологии естественнонаучного (физического) познания

Усиленная разработка техники и методики эксперимента привела к появлению различных познавательных оценок эмпирического материала. Это было обусловлено тем, что не только промышленное производство выдвигало и ставило перед наукой те или иные проблемы, но и все чаще научные открытия стимулировали технические разработки и их производственное применение. Все более отчетливой становилась мысль о том, что прогресс физической науки представляет собой одновременно экстенсивное расширение объективно-предметной области ее познания и внутреннее интенсивное изменение познавательного статуса теории. В методологическом отношении это связано с диалектической природой физического по-

знания и характеризуется двумя основными тенденциями. Во-первых, разработкой категориального аппарата, конкретизирующего диалектику физического познания посредством системы категорий и понятий различной степени общности¹. Во-вторых, диалектикой субъектно-объектного взаимодействия, благодаря которому раскрывается содержание природных явлений и предметно-чувственного отношения к ним человека через соотнесенность субъективного и объективного. Эти тенденции внутренне взаимосвязаны. Так, общенаучный характер понятий позволяет вскрыть на фактическом материале соотношение субъективного и объективного, а тем самым содержание и структуру субъектно-объектного взаимодействия. Рационально понятый характер последнего определяет степень научной общности тех или иных понятий. Единство указанных тенденций является следствием важнейшего требования материалистической диалектики — содержательного и методологического единства теоретического знания.

В физике это требование смогло реализоваться лишь тогда, когда объектами исследования стали явления, знание о которых невозможно без учета средств и способов их познания. Иными словами, когда качественно изменилась экспериментальная основа теории, т. е. на место непосредственного субъектно-объектного отношения пришло опосредованное отношение типа субъект — средство познания — объект. Поэтому только в современной теории со всей остротой встал вопрос, как и каким образом могут быть поняты и выражены качественные особенности ее эмпирической основы.

Процесс познания как процесс выявления общего и существенного невозможен без категорий и понятий различной степени общности. Последние выражают логико-гносеологическую специфику познания на конкретном историческом этапе развития практической и познавательной активности субъекта, что приводит к их типовой специфике. В самом деле, если раньше понятия достаточно отчетливо делились на философские и частнонаучные, то для современного естествознания, особенно для физики, характерно появление понятий, общих либо для многих наук, либо для различных разделов одной науки. Таковы,

¹ См.: Готт В. С., Урсул А. Д. Общенаучные понятия и их роль в познании. М., 1975; Готт В. С., Урсул А. Д., Семейнюк Э. П. О единстве научного знания. М., 1977 и др.

например, понятия симметрии и асимметрии, инвариантности и сохранения, прерывности и непрерывности, конечности и бесконечности, определенности и неопределенности и т. д. Все это свидетельствует о том, что методология современной теории имеет дело не только с исторически выработанной формой категориального понимания диалектики, но и с широкой системой понятий, весьма существенных для раскрытия диалектической природы современного научного познания.

В этой связи возникает важная методологическая проблема соотношения философских и общенаучных понятий. Главной особенностью философских категорий является их непосредственная связь с решением основного вопроса философии как соотношения материи и сознания, объективного и субъективного, т. е. как отношения человека к окружающей природной и социальной среде. Однако не меньшее значение здесь имеют и другие философские принципы, которые становятся методологическими регулятивами, будучи «включенными» в структуру конкретного, в частности физико-теоретического, знания.

Так, например, тот факт, что физика изучает пространственно-временной аспект реального многообразия взаимодействий, делает диалектико-материалистическое положение о материальном единстве мира, т. е. положение о том, что «в мире нет ничего, кроме движущейся материи, и движущаяся материя не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени»², исходным пунктом физико-теоретического описания, которое раскрывает взаимодействие природных объектов с помощью установленных математических зависимостей пространственно-временных и иных параметров. Более того, этот же принцип как принцип единства физической картины мира определяет «гносеологическую простоту» объяснительной функции теоретического знания.

Столь же важным оказывается и диалектико-материалистическое положение о том, что движение есть способ реального пространственно-временного существования материальных объектов, что «телá неотделимы от движения... лишь в движении тело обнаруживает, что оно есть... Познание различных форм движения и есть познание

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 181.

тел»³, позволяющее раскрыть единство кинематических и динамических характеристик взаимодействия. Таким образом, из общемировоззренческих положений, являющихся конечным результатом философского осмысления естественнонаучного знания, они превращаются в исходные пункты, в методологические регулятивы конкретного теоретического описания.

Появление общенаучных понятий как специфических форм теоретического познания — свидетельство не только интегративного характера развития науки, но и всевозрастающего влияния на нее философии. В этом отношении появление общенаучного знания — это качественно новая сторона в реализации союза философии и специальных наук, качественно новая форма проявления его методологического содержания.

В самом деле, раскрытие сущностной природы взаимодействия с необходимостью предполагает знание законов сохранения, симметрии, инвариантности и других структурно-содержательных элементов теории⁴. При этом законы сохранения выражают качественную определенность взаимодействия в виде сохранения (постоянства) тех или иных параметров данной физической системы. Симметрия обуславливает геометрические и динамические свойства внутреннего содержания физических процессов. Что касается инвариантности, то она применима и к величинам, и к уравнениям, описывающим взаимодействие физических систем. Инвариантность уравнений означает неизменность формы физических законов при изменении условий их проявления, а инвариантность величин — неизменность их значения при изменении хода того или иного физического процесса. Поэтому в одних случаях инвариантность определяет симметрию условий действия законов, в других — законы сохранения тех или иных величин.

Эти особенности структурных элементов теории дают основания для иного теоретического описания, рассматривающего уже не динамику физических процессов, т. е. законов изменения параметров состояния под действием

³ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 33, с. 67—68.

⁴ См. подробнее диалектико-материалистический анализ структурных элементов теории в работах: Готт В. С. Философские вопросы современной физики. М., 1972; Готт В. С. Удивительный неисчерпаемый познаваемый мир. М., 1974; Овчинников Н. Ф. Принципы сохранения. М., 1966; Симметрия, инвариантность, структура. М., 1967 и др.

сил различной природы, а определенные типы пространственной и временной симметрии, связанной с сохранением той или иной динамической характеристики. По замечанию Е. Вигнера, стало «более естественным выводить законы природы и проверять их с помощью принципов инвариантности, чем выводить принципы инвариантности из того, что мы считаем законами природы»⁵.

Будучи включенными в систему теоретического знания, такие структурно-содержательные элементы утрачивают непосредственную информативную содержательность и превращаются в логические компоненты системы, объективным аналогом которой выступает взаимодействие субъекта и объекта как некая целостность. Иначе говоря, чем более опосредован объект познания системой приборов, тем шире совокупность «вспомогательных» теоретических средств, раскрывающих существо явлений. Эти средства, каждое из которых является объективно-содержательным знанием, по мере расширения и усложнения системы их совокупного применения все более утрачивают свой исходный гносеологический статус и превращаются в те или иные методологические регулятивы теоретического описания, определяя тем самым природу общенаучных понятий. Такие понятия описывают свойства как бытия, так и познания. К ним относятся алгоритм, вероятность, дополнительность, элементность, соответствие, система, упорядоченность, информация и многие другие. Расширение группы общенаучных элементов теоретико-познавательного характера является одним из характерных свидетельств прогрессирующего развития науки. И хотя общенаучные методы, формы и средства познания носят теоретический характер, однако многие из них теснейшим образом связаны с экспериментально-эмпирической и организационно-технической сторонами познавательного процесса.

Подобная метаморфоза системно-структурного содержания категориально-понятийного аппарата обусловлена прежде всего уровнем исторического развития экспериментального исследования, а потому и характером субъектно-объектного взаимодействия. Например, возможность провести наблюдение и измерение в пределах околосветовых скоростей или взаимодействий микрочастиц

⁵ Вигнер Е. Этюды о симметрии. М., 1971, с. 11.

требует такой системы приборов, которая существенно меняет характер отношения субъекта и объекта, а потому и субъектно-объектного взаимодействия. Последнее, понятое с точки зрения материалистической диалектики, наиболее полно соответствует содержанию основных задач разработки методологических проблем физико-теоретического познания и всего теоретического естествознания, поскольку здесь главным являются вопросы структуры теоретических систем, характера научных революций и логики научного исследования.

Как отмечалось, эксперимент, будучи формой активного взаимодействия субъекта с объектом, теснейшим образом связан с теоретической мыслью. Он всегда носит целенаправленный характер, поскольку проводится для решения определенных задач, выдвигаемых теорий. «Словом «эксперимент», — писал Н. Бор, — мы указываем на такую ситуацию, когда мы можем сообщить другим, что именно мы сделали и что именно мы узнали»⁶.

Эксперимент как форма практического отношения к объективному миру органически включает в себя наблюдение и измерение. Наблюдению как методу научного познания свойственно целенаправленное восприятие человеком интересующих его явлений. Оно осуществляется путем непосредственного воздействия объектов на органы чувств, главным образом на зрение. При этом естественно-физиологическая ограниченность органов чувств может быть «снята» системой приборов. В этом случае имеет место опосредованное наблюдение, которое является таким же процессом восприятия субъектом объекта, как и непосредственное наблюдение. Заметим, что в литературе нередко наблюдение рассматривается как «первичный и элементарный» познавательный акт⁷. На наш взгляд, такая точка зрения по меньшей мере спорна. Ведь если практика — исходный и конечный пункт научного познания, то наблюдение никак не может быть непосредственной формой практического действия. Иначе говоря, не все, что видится и созерцается, — наблюдается.

Важная особенность наблюдения состоит в том, что оно не вносит каких-либо изменений в объективный ход наблюдаемого процесса, который рассматривается со всеми условиями, присущими ему как действительному про-

⁶ Бор Н. Избр. науч. труды. Т. 2. М., 1971, с. 406.

⁷ См., например: Диалектический материализм. Под ред. А. П. Шептулина. М., 1974, с. 176.

цессу. Поэтому наблюдение в гносеологическом отношении можно считать способом отражения объекта познания в субъекте в виде некой его качественной определенности.

Измерение представляет собой метод научного познания, благодаря которому устанавливаются количественные характеристики исследуемых объектов, имеющие смысл только при сопоставлении этих объектов с определенными единицами измерения (эталоны). Та или иная количественная характеристика фиксирует не только определенное объективное свойство, но и случайное, внешнее для данного объекта отношение, в которое он вынужден был вступить «по воле» субъекта⁸.

Таким образом, наблюдение и измерение как предметно-чувственные стороны эксперимента представляют собой специфические формы взаимодействия субъекта и объекта познания. В рамках научного эксперимента эти стороны едины, так что наблюдение предполагает измерение, и наоборот. Следовательно, наблюдение и измерение являются моментами эксперимента, являющегося практической формой субъектно-объектного взаимодействия.

Но такое отношение носит познавательный характер, так как благодаря ему природные явления превращаются в предмет теоретического исследования. Поэтому теоретическое знание оказывается обусловленным практическим взаимодействием, в результате чего в теоретическом описании черты природы «самой по себе» переплетены с формами, которые налагаются на него преобразующей деятельностью человека. Соответственно этому, как отмечалось, и понятия, фиксирующие знания, выступают не как простые абстракции реальных предметных эквивалентов, а как отраженные в сознании всеобщие формы предметно-чувственной деятельности субъекта познания. Ф. Энгельс отмечал: «Существеннейшей и ближайшей основой человеческого мышления является как раз *изменение природы человеком*, а не одна природа как таковая, и разум человека развивался соответственно тому, как человек научался изменять природу»⁹.

⁸ См.: Сидоров В. Г. Диалектика субъектно-объектного взаимодействия в физическом познании. — В кн.: Категории диалектики в естественнонаучном познании. Ульяновск, 1984, с. 5.

⁹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 545.

Итак, важнейшей особенностью диалектико-материалистического подхода к методологии физического познания является всесторонний учет исторически определенного характера эмпирического основания теории — эксперимента. При этом внутренняя структура эксперимента, обусловленная наблюдением и измерением, находит свое выражение и на уровне теории, существенно определяя познавательный статус различных категориально-понятийных систем.

В самом деле, непосредственное субъектно-объектное взаимодействие, составляющее эмпирико-познавательную основу классической физики, предполагало отсутствие связей условий познания с состояниями объектов исследования. Поэтому, образно говоря, мир, какой мы видим, и есть мир, каков он есть. Наблюдение и измерение оставались лишь внешними формами взаимодействия субъекта и объекта познания. Внутреннее содержание последнего могло быть раскрыто и получено только аналитическим путем. В силу этого классическая теория, на первый взгляд непосредственно опирающаяся на эксперимент, по своему существу была глубоко спекулятивной, поскольку в ее основе оказывались весьма общие положения, не проверяемые экспериментом. В ней, говоря словами К. Маркса, природа бралась только в форме объекта, или в *форме созерцания*, а не как *человеческая чувственная деятельность, практика*, не субъективно¹⁰. Такой эмпирико-познавательный фундамент и соответствующий ему стиль теоретического мышления составили благодатную почву для философской разработки метафизики как универсального метода научного познания.

К. Маркс и Ф. Энгельс, создавая материалистическую диалектику, стремились осмыслить естественные науки через призму социально-практической деятельности человека, критически оценивали метафизику, выявляли границы ее применения. Особенности естествознания середины XIX столетия способствовали в первую очередь разработке так называемой объективной диалектики, в основе которой лежала мировоззренческая оценка естественнонаучных достижений. Их исключительно широкое содержание давало, по мысли Ф. Энгельса, полное основание для понимания всего существующего в природе и обществе как бесконечно движущегося, находящегося в

¹⁰ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 3, с. 1.

постоянном процессе возникновения и исчезновения. Поэтому диалектика понятий, так называемая субъективная диалектика, рассматривалась как сознательное отражение действительного движения природы путем противоположностей¹¹.

В последней четверти XIX в. происходит глубокая переоценка роли и значения эксперимента в становлении теоретического знания. Специфика атомных и внутриатомных явлений выдвинула на первый план прежде всего гносеологическую проблематику, а также способствовала превращению измерения в физически содержательную познавательную акцию, которая, как и наблюдение, существенно определяла природу эксперимента.

Как отмечалось, этот этап развития теоретического естествознания и философии был отражен диалектическим материализмом в форме, соответствующей его духу и содержанию. Известно, что в философии диалектического материализма в отличие от других философских направлений отсутствует деление на онтологию и гносеологию. Но это не исключает рассмотрения вопросов объективной и субъективной диалектики, бытия и познания, онтологических и гносеологических аспектов. В. И. Ленин глубоко и всесторонне раскрыл гносеологический аспект материалистической диалектики, дал критический анализ различных модификаций идеализма. Не исследуя детально специфику конкретного содержания физико-теоретических положений и открытий, он показал существо гносеологических выводов, которые следовали из качественно иного эмпирического материала и которые необходимо было осознать для разработки новых теоретических представлений.

Релятивистская и квантовая теории явились результатом глубокого теоретического осмысления новых физических явлений, а также способов их исследования. Именно здесь измерение становится существенным компонентом эксперимента и как таковое включается в содержание теоретического описания объектов. Наблюдение и измерение оказываются одинаково значимыми в структуре эксперимента. В результате в рамках одного и того же теоретического содержания необходимо присутствуют две познавательные интерпретации данной теории. Иными словами, теория содержит в себе интерпре-

¹¹ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 526.

тацию экспериментального материала как на языке «наблюдений», так и на языке «измерений», поскольку нет и не может быть объективно-предметной интерпретации вообще без отношения к той или иной стороне эксперимента.

Таким образом, внутренняя противоположность наблюдения и измерения в конечном итоге определяет альтернативность теоретической интерпретации, которая следует из гносеологической «неопределенности» структуры эмпирического базиса: субъект + средство познания — объект или субъект — средство познания + объект. Эта альтернативность раскрывается формально-логическими и структурно-содержательными средствами теории, что приводит к выявлению существенно важной формы диалектического противоречия — антиномии.

Следовательно, появление антиномии как логико-гносеологической формы противоречия тесным образом связано с развитием эмпирико-содержательной и формально-структурной стороны познания.

В общеметодологическом плане антиномичный характер научного знания был достаточно полно осознан еще И. Кантом¹². Согласно И. Канту, относительно любого объекта Вселенной можно высказать две взаимоисключающие точки зрения, развить две концепции, каждая из которых будет находиться в полном согласии с требованиями формальной логики и включать в себя всю совокупность данных опыта об особенностях и свойствах объекта исследования. Трагедия разума состоит в том, что он имманентно содержит в себе ту и другую сферу применимости противоположных категорий, претендующих на логическую всеобщность, и стремится преодолеть альтернативную постановку проблем, которая явно выражает неоднозначность теоретического знания об объекте исследования. Так появляется антиномия теоретического анализа в виде допустимости разных форм описания одних и тех же эмпирических данных.

С точки зрения формальной логики, лежащей в основе метафизической методологии, возможны два пути разрешения подобных противоречий. Первый путь состоит в том, что существенное содержание эмпирического материала необходимо свести к общему и очевидному поло-

¹² См.: Кант И. Критика чистого разума.— Соч. В 6-ти т. Т. 3. М., 1964, с. 404 и др.

жению, которое безоговорочно рассматривалось бы как абсолютное основание эмпирических законов. Именно так неопозитивизм осуществляет верификацию научного знания, вводя ту или иную субъективную форму примата над опытом. Другой путь состоит в том, чтобы представить антиномию как внешнее противоречие двух положений, каждое из которых само по себе непротиворечиво. В этом случае антиномия предстает как противоречие в разных отношениях или в разное время, т. е. как полярность. Такой способ разрешения ведет к феноменологическому характеру теоретического описания, зависящему от субъективного произвола. Именно так неопозитивизм интерпретирует конвенциональный элемент теории.

С точки зрения диалектической логики, формально-логические элементы мышления оказываются существенно необходимыми для раскрытия объективных противоречий, присущих определенному кругу явлений и процессу их познания. В этой связи антиномия становится формой единства формально-логических и диалектических элементов познания, выступая в виде логических высказываний с контрадикторной (т. е. противоречащей) противоположностью составляющих их суждений. Но такая фиксация в рамках формально-логической конъюнкции, т. е. логического соединения, отличается от последней тем, что выступает диалектическим синтезом тезиса и антитезиса, поскольку к нему не применима однозначная констатация истинного или ложного значения, столь характерная для логической оценки суждений. Иначе говоря, диалектический синтез является и истинным и ложным, а потому не истинным и не ложным. Задача состоит в том, чтобы выявить соотношение тезиса и антитезиса, уточняя и расшифровывая соответствующий эмпирический и теоретический материал. «Диалектическое противоречие,— отмечает Г. С. Батишев,— необходимо должно быть постигнуто и явно выражено как антиномия, т. е. как неразрешимое. Но столь же необходимо оно должно быть постигнуто и явно выражено не как антиномия, а как разрешенное в его результате»¹³.

Итак, антиномия оказывается единством формы и содержания гносеологического и онтологического моментов познания. Вместе с тем она является и специфическим

¹³ Батишев Г. С. Противоречие как категория диалектической логики. М., 1963, с. 49—50.

выражением субъектно-объектного взаимодействия, в котором роль субъекта не сводится к простой регистрации чувственных данных. Напротив, он оказывается существенной предпосылкой формирования истинного знания, предпосылкой творческой переработки воздействий внешнего мира¹⁴. Более того, антиномичность теоретического описания, на наш взгляд,— это следствие противоречивого характера практического отношения субъекта к объекту познания, которая, в частности, имеет место в эксперименте. Именно внутренняя противоположность и взаимообусловленность наблюдения и измерения определяют в итоге альтернативный характер гносеологической интерпретации не только основных принципов и положений теории, но и всего категориально-понятийного аппарата.

С углублением и расширением сферы познания, по мере того как объект физического исследования оказывался все «дальше и дальше» от непосредственного восприятия, все более возрастало значение опосредствующих элементов, т. е. системы приборов, помещаемых между субъектом и объектом познания. Это вело не только к замене на уровне эксперимента непосредственного субъектно-объектного отношения отношением, опосредованным приборами, но и к расширению теоретических средств, выражающих это отношение и, в частности, к появлению общенаучных понятий. Более того, возникала и своеобразная «гносеологическая» инверсия уже известного знания, которое утрачивало свой информативный характер непосредственного знания об объекте и превращалось в средство теоретического выражения определенных условий описания более широкого круга изучаемых явлений. В результате противоречивый характер познания, в частности физико-теоретического, постепенно «освобождался» от узких рамок формально-логического противоречия, разрешаемого путем замены одних исходных положений другими, столь же гипотетическими, и выступал в форме антиномии, в которой значительно возрастает роль субъекта в становлении истинного знания.

¹⁴ Анализ антиномии в общеметодологическом плане достаточно широко освещен в литературе. См., например: Дialeктическое противоречие. М., 1979; Ильенков Э. В. Дialeктическая логика. М., 1974; Нарский И. С. Проблема противоречия в дialeктической логике. М., 1968; Манеев А. К. Философский анализ антиномии. Минск, 1974 и др.

На первый взгляд общеполитическая разработка иного методологического обоснования теории должна естественным образом повлечь за собой перестройку и всего естественнонаучного познания. Однако это неверно. Так, разработка методологии научного познания в рамках материалистической диалектики исторически проходила в период весьма прочного мнения о том, что метафизика вполне эффективно решает различные познавательные проблемы. Поэтому совершенно не затрагивались вопросы, связанные с оценкой и пересмотром устоявшихся «очевидных» предпосылок. А. Эйнштейн в этой связи, характеризуя научное познание второй половины XIX в. и начала XX в., отмечал: «Предвзвешивание, которое сохранилось до сих пор, заключается в убеждении, будто факты сами по себе, без свободного теоретического построения могут и должны привести к научному познанию. Такой самообман возможен лишь потому, что нелегко осознать, что и те понятия, которые благодаря проверке и длительному употреблению кажутся непосредственно связанными с эмпирическим материалом, на самом деле свободно выбраны»¹⁵.

К действительно радикальной реконструкции всего физико-теоретического здания мог привести только пересмотр его эмпирического основания. И то обстоятельство, что к концу XIX столетия объектами исследования стали такие явления, знание о которых принципиально невозможно без учета средств и условий их изучения, предопределило тенденцию, охарактеризованную В. И. Лениным как движение к единственно верному методу и единственно верной философии естествознания — к диалектическому материализму.

Иными словами, физика в процессе своего внутреннего развития должна была «породить» диалектическую методологию, обусловленную прежде всего качественным изменением субъектно-объектного отношения в экспериментальном исследовании. Это «рождение» не сводилось к непосредственному «внесению» диалектических элементов в теорию, о чем свидетельствовала несостоятельность натурфилософского подхода к физико-теоретическим проблемам. Явно выраженный диалектико-материалистический характер физического познания стал возможным лишь в рамках современной физики, поскольку

¹⁵ Эйнштейн А. Физика и реальность. М., 1965, с. 149.

здесь существенна роль субъекта познания в раскрытии и осмыслении диалектических противоречий, выступающих в форме антиномии, когда новое знание подвергается специфическому уточнению и конкретной расшифровке на основе экспериментального материала.

Более того, эти новые физические теории (квантовая механика, квантовая электродинамика, теория элементарных частиц, СТО и ОТО) выражают не только своеобразие физических явлений, но и характер условий и способов их познания. Так, в рамках специальной теории относительности (СТО) величина скорости света C фигурирует во всех математических выражениях. В этой связи мировая константа C утрачивает свою непосредственную информативную содержательность как выражение факта конечной скорости распространения света. Она становится средством и способом раскрытия специфики опытного исследования физических явлений, связанного с содержательной структурой СТО. Поэтому константа C оказывается абсолютной в пределах познавательного аспекта СТО и относительной как непосредственное эмпирическое знание определенного природного процесса.

Но если в СТО качественно иную природу субъектно-объектного отношения можно выразить в терминах классической теории, то совершенно другое происходит в квантовой механике. Здесь принцип относительности к системе отсчета приобретает значительно большую конкретизацию и выступает как принцип относительности к средствам наблюдения. Уже не абстрактная система отсчета, а макроскопическая система приборов — лаборатория, определяющая условия наблюдения и измерения параметров микрообъектов, становится важнейшим элементом теоретико-познавательной характеристики субъектно-объектного отношения. Специфическим выражением этого обстоятельства оказываются соотношения неопределенностей Гейзенберга. В этой связи другая мировая константа — постоянная Планка \hbar — является не только характеристикой объективно происходящего дискретного взаимодействия микрообъектов, но и способом отражения особенностей квантовомеханического описания микроявлений. Как таковая она — абсолютная величина в рамках квантовой теории и относительная как непосредственное эмпирическое знание о природе взаимодействия микрообъектов, численное значение которой может уточ-

няться по мере совершенствования измерительной аппаратуры.

Таким образом, диалектико-материалистический подход к методологии физического познания предполагает всесторонний учет и взаимосвязь теоретических и экспериментальных методов. В этом отношении прогрессирующее развитие физической науки предстает как качественное изменение субъектно-объектного взаимодействия, на уровне теории выражающееся в изменении гносеологического и онтологического статуса, в появлении новых понятий, короче, в эволюции всего понятийного аппарата, отражающего противоречивую природу не только изучаемых явлений, но и самого процесса познания.

Особенности физико-теоретического познания в условиях индустриального эксперимента

Новейшая революция в естествознании была связана не только с теоретическим обобщением нового экспериментального материала. Она положила начало сближению естествознания с производством, росту интеллектуального потенциала современного производства, всевозрастающей роли естественных наук в техническом прогрессе, их влиянию на все сферы общественной жизни. Последующее развертывание научно-технической революции привело к возникновению многих новых направлений, к интенсификации интегральных процессов в научном творчестве, что нашло свое выражение как в результатах технико-конструктивных достижений, так и в теориях, принципах, понятиях и других формах и средствах познания. Так, например, развитию релятивистской и квантовой теорий способствовало не только возникновение к середине XX столетия разветвленной системы физического знания (радиофизика, кристаллофизика, физика полупроводников и твердого тела, физика низких температур, астрофизика и т. д.), но и создание новых технических устройств (атомные реакторы, лазеры, ускорители и т. п.), которые в условиях существующих в мире противоположных общественных систем стали играть важную роль и в политической жизни общества.

Достижения физики создали предпосылки современной научно-технической революции, которая оказала и оказывает глубокое влияние на общественное производство. Поэтому важной особенностью современного науч-

но-технического прогресса является то, что ныне коренные изменения в производстве происходят под влиянием научных и технических достижений, открытий принципиально новых методов управления технологическими процессами. Изменение средств и методов управления обусловлено в первую очередь достижениями электроники, приведшими к изменениям и во всех других составляющих машинного производства. В силу этого характерной чертой научно-технической революции оказывается компьютеризация. Она создает возможности реализовать непрерывность технологического процесса, который К. Маркс называл наиболее совершенным и производительным способом производства, дает возможность создать комплексную механизацию и обеспечить дистанционное управление процессами, повысить скорости производительных операций, обеспечивая при этом высокую надежность, значительно ускорить темпы обновления производственного оборудования путем внедрения робототехники, микроэлектроники, электронно-вычислительных машин и т. д. Наконец, научно-техническая революция меняет отношение человека и техники, существенно усложняет формы организации научных исследований, повышая их эффективность. Ныне открытия и поиски новых закономерностей природы приобретают характер коллективного творчества и осуществляются на основе технически оснащенного эксперимента. Все это, в свою очередь, не может не сказаться и на методологическом содержании научного творчества. Этому содействует ряд предпосылок. Рассмотрим некоторые из них.

В. И. Ленин был первым мыслителем нашего века, который сумел в период крутой «ломки принципов» в ведущих отраслях естествознания и прежде всего в физике увидеть общее направление развития естествознания, сделать имеющий огромное теоретическое и практическое значение вывод о том, что естествознание неуклонно движется к диалектическому материализму. Этот процесс был обусловлен глубокими сдвигами в недрах общественного производства под влиянием естествознания, которое все более и более сближалось с производством, под влиянием процессов борьбы нового, революционного и старого, реакционного в человеческом обществе.

Наука превращается в активно действующий элемент современной материальной и духовной культуры, оказы-

вает всевозрастающее влияние на характер общественных отношений, которые, в свою очередь, все более непосредственным и решающим образом воздействуют на научное познание. В. И. Ленин, стоявший у истоков современной научно-технической революции, первый оценил значение ее социальных последствий, предвосхитил многие ее характерные особенности. Он показал, что научная революция с особой остротой ставит вопрос об исторической несостоятельности капитализма, который превращается в тормоз не только социального, но и научно-технического прогресса человечества, что только социализм способен дать и дает возможность широко распространить и настоящим образом подчинить производство, достижения современной науки и техники интересам трудящихся. С победой социалистической революции, отмечал В. И. Ленин, «все чудеса техники, все завоевания культуры станут общенародным достоянием, и отныне никогда человеческий ум и гений не будут обращены в средства насилия, в средства эксплуатации»¹⁶.

В. И. Ленин не только указал путь, следуя которому, наука наиболее тесно могла быть связана с задачами государственного масштаба, но и определил содержание ближайших исследований в этом направлении. Ибо только наука в состоянии стимулировать технику, совершенствовать используемые средства, открывать перспективы качественно иных технологических решений, в конечном счете способствовать повышению производительности труда во всех сферах общественного производства.

В решении этих задач важное место принадлежит естественным наукам и особенно физике. Изучая наиболее общие свойства природных явлений, она становится необходимой в любом разделе естествознания. А целый ряд важнейших открытий поднял физику на такую высоту, что, по нашему мнению, явно определилась ее гегемония среди остальных отраслей естествознания. Мы не будем обсуждать проблему лидера в современной науке, но отметим, что ныне еще больше усиливается влияние физики на методы и проблематику, на характер исследований природы другими науками. В свою очередь, потребности других наук и производства вызвали к жизни чрезвычайно широкую и разветвленную систему физического знания. В наши дни промышленная и военная мощь

¹⁶ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 35, с. 289.

государства во многом определяется физико-техническим потенциалом, уровнем эффективности, темпами реализации и оптимальными формами организации научных исследований.

Современный прогресс физической науки, как и всего естествознания, обусловлен прежде всего постановкой на промышленную основу физических исследований. На смену самодельным или кустарно изготовленным приборам настольных масштабов прошлого пришли разнообразные ускорители элементарных частиц, атомные реакторы и установки по управляемому термоядерному синтезу, космические станции и спутники, радиотелескопы и т. п. Благодаря индустриальной разработке электронного оборудования современные измерительные приборы представляют собой исключительно сложные в инженерно-техническом отношении системы, обладающие высокой чувствительностью, точностью и разрешающей способностью.

Но результаты научно-технического прогресса не ограничиваются только рамками материального оснащения науки новыми достижениями индустрии. Они ведут и к широкому комплексному переосмыслению понятийного аппарата науки. Стиль научного мышления все более совпадает со стилем практического руководства различными отраслями хозяйственной деятельности. Все это содействует повышению эффективности достижений научно-технической революции, а потому и роли философско-методологического знания как своеобразного результата интегративной научно-практической деятельности.

Наука и техника образуют все более целостное организационное единство. Об этом, в частности, свидетельствует факт сокращения времени между открытиями новых закономерностей природы и их техническим применением. Так, в наше время понадобилось менее двух десятилетий, чтобы перейти от абстрактно-математических представлений квантовой механики, казавшихся столь далекими от практических запросов техники, к промышленной разработке лазеров, квантовой электроники и т. п.

Не мог не сказаться научно-технический прогресс и на организационной структуре научного познания. Если раньше, вплоть до XX столетия, преобладало индивидуальное творчество, то ныне типичными стали коллективные разработки, требующие строгой согласованности всех этапов научного исследования, в том числе в области

теории и методологии. Усложнение экспериментальной техники обусловило не только быстрый рост числа профессиональных исследователей, увеличение темпов работы и скорости обмена информацией, но и породило своеобразное разделение труда между теоретиками и экспериментаторами. Познавательная деятельность превратилась в производство интеллектуальных ценностей — больших и малых открытий, сведений о новых свойствах, приемах и методах исследования. Наука становится особым видом духовной индустрии, осуществляемой определенными социальными группами — научными коллективами.

Ее развитие и достижения находятся в зависимости от социальных условий. Так, при капитализме военно-промышленный комплекс и государственный аппарат используют достижения физики и других наук для получения сверхприбылей, а также в агрессивных целях, в борьбе против социализма и прогрессивного развития человечества. Ученые в мире капитала вынуждены служить ему.

Коренным образом отличаются место и роль науки и ученых в условиях социализма. Здесь и наука, и ученые служат интересам своего народа и всего человечества. Они свободны в своей деятельности, так как осознают необходимость отдавать все свои силы и знания улучшению благосостояния народа, защите его жизни и процветания, борьбе за мир во всем мире.

Рассмотрим вопросы оптимальной организации экспериментальной и теоретической деятельности, а также влияния на нее в условиях социализма государственных органов и учреждений. Последнее обстоятельство оказывается важной предпосылкой научного поиска, поскольку государство выделяет материальные средства для сооружения новых экспериментальных установок, строительства лабораторий и институтов, готовит десятки тысяч специалистов в вузах, поручает проектирование и изготовление необходимого оборудования и аппаратуры, короче, осуществляет плановое развитие всей системы научных изысканий в интересах советского народа и всего человечества.

Главной задачей научной политики Советского государства является организация исследований в соответствии с потребностями общественного производства, изменение структуры науки в зависимости от ее развития.

и уровня индустриально-промышленного обеспечения. На первое место выдвигается согласованность различных работ не только в рамках отдельных научных коллективов, но и более широко — в соответствии с культурными и техническими запросами нашего общества в целом. Экспериментальная и теоретическая деятельность все более сближается с индустриальным производством, последнее включает в себя научный поиск как новых форм промышленной технологии, так и методов ее организации.

Из всего вышесказанного можно видеть, что важнейшей особенностью современного естествознания, в частности физики, является тенденция все более усложняющейся технической конструкции средств исследования, и как следствие этого — организационно-структурное усложнение субъекта познания. На место индивидуального исследователя, ученого, творчество которого лишь опосредованно стимулировалось потребностями общественного производства, создавая иллюзию «чистого» развития самой науки, становится социально организованный субъект познания — определенный научный коллектив с достаточно четкой структурой своей внутренней организации, научная деятельность которого непосредственно определена задачами внедрения результатов исследования в те или иные сферы общественного производства.

Заметим, что понятие социально организованного субъекта познания представляет собой абстракцию, содержанием которой выступает общественно-познавательная функция отдельного исследователя, входящего в состав научного коллектива, где роль творческого индивида, выполняющего как бы «частные» действия, не только не уменьшается, а возрастает. В познавательном отношении существенно, что его предметно-чувственные и мыслительные акции не перестают быть действиями его как такового, но в то же время становятся «мыслями» и «действиями» социально организованного субъекта познания, который осуществляет непосредственное экспериментальное отношение к природе и детерминирует целенаправленный характер познавательной деятельности каждого индивида.

В условиях индустриальной постановки эксперимента меняется не только структура субъекта познания. Особую специфику приобретает и объект познания, который выступает уже не в качестве «чисто природного» объекта, а становится опосредованным, «обработанным» всем

ходом экспериментально-измерительной практики природным материалом.

Эти особенности познавательного процесса в условиях современного физического исследования не могли не сказаться и на субъектно-объектном взаимодействии. Прежде всего наблюдение как констатация качественной определенности объекта исследования превращается в процедуру простой фиксации параметров сложной технико-экспериментальной системы, состоящей из средств познания и объекта. А это значит, что оно утрачивает существенно-содержательную значимость в эксперименте. «Если весь ход классического эксперимента,— отмечает Е. А. Мамчур,— осуществлялся на глазах исследователя, то в современных экспериментах значительная часть самого опыта оказывается недоступной органам чувств человека»¹⁷. И далее: «Человек, не знакомый с современными физическими теориями, будет слышать щелчки и видеть всплески луча на экране осциллографа»¹⁸.

Автоматическая система координации с объектом исследования, обработка данных с помощью электронно-вычислительных машин, этих неотъемлемых компонентов любой современной научной установки, возможность многократного комплексного воздействия на объект, быстрота и непрерывность технологических фаз эксперимента — все это делает измерение фундаментальной основой как операциональной стороны познавательного процесса, так и содержательного аспекта теоретического описания исследуемых явлений.

Значение измерительных процедур возрастает и в связи с другой особенностью индустриального эксперимента. Дело в том, что последний реализуется посредством технических комплексов, обладающих иной природой, чем природа объекта исследования. Он уже не является чувственно данным материалом, а как бы «выкристаллизовывается» в том деятельном процессе, который осуществляет социально-организованный субъект познания. Поэтому и теоретический образ исследуемого объекта выражает специфическую форму субъекта, «создающего» этот объект с помощью головы в своей реальной предметно-чувственной экспериментальной деятельности. При таком характере познавательного процесса объект иссле-

¹⁷ Мамчур Е. А. Проблема выбора теории. М., 1975, с. 36.

¹⁸ Там же, с. 37.

дования может быть выражен теоретически лишь тогда, когда имеется реальная возможность воспроизвести его, опираясь на его операционально-содержательное выражение. Таким образом, теоретическое представление об объекте возникает и функционирует в качестве идеальной метаморфозы реального познавательного процесса, которая фиксируется теми или иными логико-математическими понятиями и представлениями.

Для классической физики эксперимент выступал средством, благодаря которому абстрактно-всеобщая содержательность теории конкретизируется в том или ином частном случае. В условиях индустриального эксперимента, наоборот, теория становится лишь стороной практического отношения к объекту социально-организованного субъекта познания. Поэтому здесь об объекте можно говорить как о нечто, которое, бесспорно, есть и вместе с тем его как бы нет, т. е. он выступает не как существующий в виде внешнего чувственно воспринимаемого объекта, а как результат деятельной способности субъекта познания, реализуемой в эксперименте.

Таким образом, качественное изменение структуры эксперимента, обусловленное существенной ролью измерения, приводит к тому, что становится явной внутренняя противоречивость субъекта как носителя познавательного действия. В самом деле, в качестве социально организованного субъекта познания непосредственно противостоит объекту, воздействует на него, получая тем самым определенную количественную информацию о нем. Но одновременно как индивидуально-разумное существо он противостоит объекту опосредованным образом, т. е. через систему сложных и многообразных средств познания. В своей индивидуально-разумной деятельности он создает теоретический образ исследуемого объекта с помощью разнообразных научных средств познания.

Такая структура субъекта оказывает существенное влияние на характер отношения теории к реальности, т. е. на природу объективизации теоретических представлений и понятий. Прежде всего это отношение значительно усложняется путем «насыщения» теории общенаучными средствами, которые оказываются своеобразным «каналом» связи конкретно-содержательного и методологического аспектов теории. Более того, эти общенаучные средства позволяют упорядочить и систематизировать полученные знания, создают предпосылки системного, струк-

турного, функционального, информационного, модельного и тому подобных подходов к теоретическому осмыслению экспериментального материала. И наконец, такая структура субъекта познания ведет к исключительно высокому уровню математизации теории, особенно физической, что оказывается также важной предпосылкой для выработки широкого класса специфических понятий общенаучного значения.

Изменение структуры субъектно-объектного взаимодействия в условиях индустриальной постановки эксперимента, ведущее к столь глубокому качественному изменению теоретических форм познания, приводит также и к тому, что противоречивость познавательного процесса, ранее выступавшая как антиномичная форма теоретического описания, приобретает дальнейшее развитие и конкретизацию. Дело в том, что теперь на уровне теории рассматриваются такие физические характеристики объекта исследования, полученные на основе математических вычислений, которые тесно связаны с практическим оперированием ими в той или иной достаточно стабильной экспериментальной ситуации.

При этом объекты познания предстают в виде эмпирических образов с функционально определенными свойствами, которые выступают на передний план только в системе взаимодействия с субъектом. Поэтому, чтобы выявить существо природного объекта, необходимо отделить соответствующую структуру эксперимента, входящую в содержание эмпирического образа. Такое отделение осуществляется путем представления эксперимента теоретическими моделями, в результате чего возникает теоретическое «видение» объекта в данной экспериментальной ситуации. Поэтому объект предстает, с одной стороны, в виде теоретического образа, с другой — в виде экспериментальной ситуации, т. е. выступает особым типом мысленного эксперимента, обобщающим существенные черты экспериментально-измерительных и мысленных операций с идеальными объектами в виде некоторой схемы¹⁹. Следовательно, в условиях современного эксперимента теоретическое описание, с одной стороны, выражает содержательное существо как объектов познания, так и особенностей познавательного процесса по-

¹⁹ См.: Степин В. С., Томильчик Л. М. Практическая природа познания и методологические проблемы современной физики. Минск, 1970, с. 11.

средством развитого категориально-понятийного аппарата, что составляет репрезентативную функцию теории. С другой, оно служит средством предсказания результатов опыта в виде регулятивных положений для экспериментально-измерительных действий. Эта операциональная функция теории позволяет проводить мысленные эксперименты.

Отмеченные функции в значительной степени сказываются на формально-логической и семантической структуре теоретического знания, поскольку, будучи сторонами единого содержания, они в гносеологическом отношении исключают друг друга. В самом деле, репрезентативный момент теории дает основание для образного представления объектов исследования, которое, раскрывая существо последних, не затрагивает того, каким образом осуществляется это раскрытие. В операциональном моменте теории выдвигаются на первый план способы фиксации тех или иных параметров, сколь-нибудь целостное представление об исследуемом объекте остается в стороне. Это обстоятельство свидетельствует о развитии экспериментально-измерительных методов и их логико-методологическом влиянии на понятийный аппарат теории. В частности, это влияние осуществляется посредством особых логических структур, лежащих в основе ряда общенаучных понятий (информация, дополнительность, инвариантность и др.) — операциональных определений.

Главной отличительной чертой таких определений является то, что для их построения необходим не только определяемый класс объектов, но и определенный характер операций, которые должны быть осуществлены над ним, чтобы между результатом этих операций и определяемым понятием существовало бы семантическое (смысловое) соответствие. Иными словами, в операциональных определениях отношение денотата и термина опосредовано определенной операцией и ее результатом. Следовательно, в операциональных определениях оказывается содержательным не только отношение между термином и объектом, но и отношение между операцией и объектом. И если первое отношение раскрывает семантический аспект вводимого понятия, то второе связано со степенью операциональной определенности или операциональной открытости данного объекта ²⁰.

²⁰ См.: Попа К. Теория определений. М., 1976, с. 153 и др.

Указанное обстоятельство лежит в основе различения операциональных и лексических определений. Если в последних устанавливаются существенные признаки определяемых объектов, то первые связывают определения с результатами действий, проводимых над исследуемыми объектами. Поэтому операциональные определения устанавливают смысл определяемого понятия лишь частично, оставляя открытым вопрос о вхождении объектов под определяемые термины в тех случаях, которые не удовлетворяют условиям операциональных процедур. Здесь одному и тому же термину могут соответствовать разные определения, эквивалентные с точки зрения выделяющей их функции. Их познавательная эффективность зависит от характера объективных законов, лежащих в основе экспериментальных действий. Поэтому операциональные определения предстают способом экспериментального обоснования и теоретического контроля границ применимости тех или иных положений и принципов.

Отмеченная особенность операциональных определений является следствием более общих гносеологических характеристик познавательного процесса, связанных с природой субъекта. В том случае, когда познавательные действия ведут к раскрытию смысловой стороны соответствующих понятий, тогда они служат основой для определения качественных сторон объекта исследования. Когда же они рассматриваются для того, чтобы сопоставить те или иные количественные характеристики с эталонами, то становятся основой измерения. Таким образом, определение и измерение оказываются внутренне едиными, но противоположными процедурами ограничения и выделения посредством общенаучных понятий объектов познания.

В самом деле, если определение выступает логико-семантическим приемом, благодаря которому выявляется содержание данного понятия, то измерение — это экспериментально-деятельный процесс, опирающийся на объективные законы природы и осуществляемый с целью получения количественных оценок в рамках той или иной теоретической концепции. Иными словами, измерение определяет степень соответствия данного объекта предикату, выделяя этот объект в рамках данного качества через сопоставление его с эталоном. Благодаря этому становится возможным связь между физическими величинами и числами, что, в свою очередь, означает объективирова-

ние того определения, на основе которого планировалось данное измерение.

В этом плане определение общенаучных понятий предстает формой интеллектуальной коммуникации индивидов, формой логической корреляции их теоретической деятельности, поскольку эффективность и логико-познавательная значимость определения выявляются лишь в процессе усвоения и уточнения смысла данного понятия. Оно становится той логической операцией, благодаря которой отдельный субъект получает возможность пользоваться информацией, добытой, проверенной и практически реализованной коллективным опытом развивающегося познания. Определение выступает основой, на которой осуществляется коммуникация индивидов путем создания различных языковых систем с указанием смысловых связей между отдельными понятиями, поскольку сами индивиды оперируют объемно-нечеткими терминами, высказываниями и т. п. Такая интеллектуальная коммуникация создает «фон», на котором осуществляется своеобразная ассимиляция индивидуальных сообщений, высказываний, суждений и другой информации.

В отличие от определения измерительные действия выступают формой практической коммуникации индивидов в познавательном процессе, поскольку сравнение данной величины с другой, принятой за единицу, может быть осуществлено только предметно-чувственно. И если в логических действиях над определениями своеобразным инструментарием оказываются понятия, то в измерительных процедурах им являются эталоны — единицы измерения.

Заметим, что последние не выступают таковыми сами по себе, по своей природе. Это те или иные природные явления и процессы, которые становятся масштабами лишь постольку, поскольку они начинают выполнять функцию определения количественной меры других природных процессов в системе общественно-практических отношений. Поэтому, оставаясь природными феноменами, единицы измерения оказываются носителями и другого содержания, не вытекающего из их природной сущности, количественной меры природных явлений. «В то время,— отмечает Л. А. Сена,— как физические величины, отражающие реальные свойства окружающего мира, действительно разнообразны и несводимы друг к другу, единицы измерений сами по себе не являются объектами

природы, а представляют собой лишь вспомогательный аппарат для ее изучения»²¹.

В процессе измерения объект соотносится с эталоном как с чем-то вне его сущим, полагается идеально, поскольку эталон имеет качественно иную природную содержательность, часто предстает в виде абстрактно-математического количества. А это и означает реализацию заранее поставленной цели, задачи эксперимента по выявлению количественных значений параметров состояния, задачи, без которой измерение утрачивает свою познавательную функцию. Следовательно, измерение субъективно в том смысле, что ему предшествует определенное теоретическое представление или определение, но объективно по форме своей реализации, в силу того, что сопоставление с эталоном представляет собой физический процесс, который и используется в качестве операционального выражения самого измерения. В этом плане заметим, что определение оказывается субъективным по форме, поскольку оно реализуется идеальными компонентами мышления, но объективным по содержанию, будучи субъективным выражением объективного мира явлений²².

Производственно-техническая практика обуславливает относительное постоянство и стабильность основных эталонов. Это, в свою очередь, создает предпосылку того, что измерение может быть «реализовано» в виде тех или иных логико-математических операций. В этом случае эталоны выступают идеально в виде различных геометрических представлений и моделей типа системы отсчета в том или ином координатном выражении. Последнее означает, что теоретическое описание какого-либо объекта обусловлено не простым чувственно-созерцательным отношением, а в существенной степени предметно-практической деятельностью социально организованного субъекта познания. Благодаря этой деятельности происходит превращение реальных эталонов в идеальные универсальные единицы количественного описания природных явлений даже и тогда, когда отсутствует возмож-

²¹ Сена Л. А. Единицы физических величин и их размерности. М., 1969, с. 28.

²² См.: Сидоров В. Г. Некоторые особенности субъектно-объектного взаимодействия в условиях научно-технической революции. — Философские науки, 1984, № 6, с. 87.

ность реального сопоставления их с измеряемыми объектами.

Именно этим обстоятельством можно объяснить тот факт, что в рамках классической теории измерение выступает в виде математического расчета по аналитико-функциональным зависимостям. Кроме того, такое представление об измерении было связано и с тем, что пространственно-временные эталоны, лежащие в основе физико-теоретического описания, следовали из одного единственного реального физического отношения, сопоставления с одним физическим процессом, каким является движение Земли. Так, в качестве единицы времени выступает секунда как длительность в $1/86400$ части средних солнечных суток. В качестве единицы длины — метр как $1/40 \cdot 10^6$ части меридиана, проходящего через Париж. Единицей веса — вес 1 дм^3 дистиллированной воды на уровне моря при нормальном давлении и температуре и т. д., короче, все единицы основных измерений, изготовленные в виде образцовых эталонов, так или иначе связаны с величиной и движением Земли. И поскольку в классическом эксперименте достаточным условием измерения было теоретическое сопоставление измеряемой величины с эталоном, ошибки измерения рассматривались как случайные и в принципе устранимые, так как физические свойства эталонов, их недостатки как реально существующих тел, связанные с колебаниями их физических параметров, условиями хранения и употребления, становились несущественными. Ибо эти эталоны, вообще говоря, необходимы лишь для обоснования своих идеальных прообразов, с помощью которых и «осуществляется» измерение в форме математического расчета.

Совершенно иное положение возникает в условиях современного эксперимента. Наличие приборов как обязательного компонента субъектно-объектного взаимодействия сделало необходимым непосредственное реальное сравнение измеряемой величины с другой определенной величиной, принятой за единицу. Это потребовало воспроизводства эталонов измерения уже в самом эксперименте, в технической конструкции средств исследования. При этом конечные и неустраняемые при измерении ошибки, как и обусловленные ими неопределенности, становятся исходным пунктом содержательной оценки эмпирических данных. В этой связи возник вопрос и о пра-

вомерности выбора тех физических процессов, которые выступают в качестве первичных эталонов.

Достижения современной физики позволили найти иные процессы, легшие в основу разработки современной измерительной техники. Огромное преимущество микропроцессов по отношению к макропроцессам состоит в исключительно высоком постоянстве и независимости их от внешних условий, стабильности при воспроизведении. Все это привело к тому, что именно микропроцессы были взяты в качестве новых первичных эталонов. Так, эталоном длины — метром — стала длина, равная $1\,650\,763,73$ длины волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2\,P_{10}$ и $5\,O_3$ атома криптона-86. Но и этот эталон уже не удовлетворял возросшим потребностям науки и техники. Теперь метр определяют как длину пути, проходимого светом в вакууме за $1/299\,792\,458$ долю секунды. Такой метод, как отмечалось на 17-й Генеральной конференции мер и весов, проще, а главное, во много раз точнее использовавшегося ранее. В качестве единицы времени — секунды — стал интервал, в течение которого совершается $9\,192\,631\,770$ колебаний, соответствующих резонансной частоте энергетического перехода между уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия-133. В качестве килограмма (кг) применяется сила, сообщающая массе международного прототипа килограмма, ускорение в $9,80665\text{ м/сек}^2$ и т. д.²³

Таким образом, в последние годы, по существу, были введены новые эталоны, связанные не с величиной естественного макроскопического тела — Земли, а с атомными процессами. Эти эталоны не изменяют соответствующие единицы измерения, а лишь повышают точность их воспроизведения. В техническом отношении такие эталоны представляют собой сложнейшие устройства. Таковы, например, разнообразные модификации «атомных» или «молекулярных» часов, отмеряющие время путем возбуждения и стабилизации микросистем с помощью генераторов и усилителей. Подобные эталоны удобны в хранении и могут быть использованы для количественного определения различных отклонений, имеющих место в экспериментально-измерительном процессе. На таких

²³ См.: Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. М., 1977, с. 893.

реальных измерениях физических характеристик основан теоретический расчет, осуществляемый в метрических единицах с последующим переводом их на язык экспериментального сопоставления с соответствующими параметрами исследуемых объектов. Следовательно, важнейшей гносеологической особенностью современного эксперимента становится непосредственное физико-техническое воспроизводство единиц измерения в самом процессе экспериментального исследования.

Социально-организованный характер субъекта познания обуславливает целый ряд особенностей познавательного процесса. Среди них особо характерной становится противопоставление семантического и операционального аспектов познания, ведущее к тому, что операции определения и измерения оказываются соответственно формами интеллектуальной и практической коммуникации индивидов. И если организационный момент оказывается стержневой основой предметно-чувственного взаимодействия субъекта с объектом, то на уровне теории он находит свое выражение прежде всего в информационном аспекте понятийного аппарата. Термин «информация», как замечает И. Земан, «используется преимущественно в области коммуникации и связи между элементами и частями систем. Он связан главным образом с понятием сообщения и меры определенности в сообщении»²⁴.

Различным сторонам информационной проблемы познавательного процесса посвящена большая литература²⁵. Мы ограничимся лишь некоторыми моментами, связанными с особенностями субъектно-объектного взаимодействия в условиях индустриального эксперимента.

Прежде всего заметим, что с информативной точки зрения познание выступает как процесс повышения точности, адекватности и полноты знания о той или иной системе материальных объектов. Иными словами, исходные положения и гипотезы познавательного акта обладают неопределенностью, которая может быть выражена вероятностными соотношениями. Последние реализуются по

²⁴ З е м а н И. Познание и информация. М., 1966, с. 126.

²⁵ См., например: У р с у л А. Д. Информация. М., 1971; У р с у л А. Д. Информация и мышление. М., 1970; Природа информации (философский очерк). М., 1968; Г о т т В. С., У р с у л А. Д. Определенность и неопределенность как категории научного познания. М., 1971; Б р и л л ю э н Л. Наука и теория информации. М., 1966; Б р и л л ю э н Л. Научная неопределенность и информация М., 1966; Ж у к о в Н. И. Информация. Минск, 1971 и др.

ходу эксперимента, тем самым повышая степень достоверности исходного знания. Так, априорное незнание превращается в знание, вероятность — в достоверность, а энтропия, мера неопределенности, превращается в количество информации — меру определенности. Причем количество информации измеряется не изменением энтропии объекта познания, а «энтропией» знания об этом объекте, которая выражается логарифмом вероятности подтверждения исходных гипотез и не связана непосредственно с характеристикой состояния исследуемых объектов. Поэтому в процессе исследования постоянно возникает проблема выделения из всего полученного количества информации той части, которая соответствует объектам познания ²⁶.

Статистико-информационный аспект теории позволяет выработать наиболее оптимальную форму организации научного познания, так сказать, оптимальную форму количественного перехода от менее к более адекватному отражению, от неопределенности к определенности знания. Столь же значителен и семантический аспект информационной природы научного знания. Он даже более важен, чем статистический, поскольку более адекватно отражает существо познавательного процесса. К тому же этот аспект выполняет и коррелятивную функцию в экспериментальном исследовании ²⁷.

Действительно, всякий научно-содержательный закон или теория имеют вполне определенную, ограниченную область применения. Но и в этой области они справедливы лишь в рамках возможных ошибок измерения, подлежащих учету и анализу в данных тех экспериментов, благодаря которым обосновывается истинность научных законов и теорий. Интересно заметить, что в классической физике эта сторона теоретического знания не выделялась сколь-нибудь явным образом. Здесь знание выступало выражением законов и отношений в природе, с безграничной областью своего применения, поэтому оно оказывалось своеобразным коррелятом любого экспериментального исследования. К тому же допускаемая возможность сколь угодно точного измерения, малозначительность и несущественность имеющихся при этом ошибок делали теоретические знания достоверными независимо

²⁶ См.: Готт В. С., Урсул А. Д. Определенность и неопределенность как категории научного познания, с. 34 и др.

²⁷ См.: Урсул А. Д. Информация, с. 216.

от опыта. Задача последнего в лучшем случае состояла в уточнении очередного знака после запятой в том или ином численном значении измеряемой величины. Иначе говоря, классическая теория в метафизическом понятии своем гносеологическом отношении к эксперименту выступала либо как абсолютно исчерпывающее знание об объекте, либо как критерий, который отбрасывал любое другое знание об объекте, так или иначе не вписывающееся в содержательную структуру уже имевшегося знания.

Совершенно иная картина возникает в современной теории. Одной из важных ее методологических проблем становится проблема определения информационных характеристик как самой теории в целом, так и ее отдельных компонентов: знаков, принципов, понятий и т. д. Для проведения того или иного эксперимента, например, существенно важное значение имеет определение количества информации в том или ином физическом законе. Как отмечает Л. Бриллюэн, для этого необходимо определить некоторое поле возможных изменений той физической величины, которая связана с данной закономерностью. Это поле является областью определения или начальной неопределенностью — P_0 . С другой стороны, экспериментальная проверка или измерение искомой величины осуществляется с некоторой точностью, т. е. с некоторыми допустимыми ошибками измерения, которые выражают конечную неопределенность — P_1 . Тогда общая информация определится разностью логарифмов начальной и конечной неопределенностей ²⁸.

Таким образом, важной задачей теории становится формулировка и конкретизация условий «действия» тех или иных научных законов. В свете всего вышесказанного легко заметить, что решение этой задачи означает «снятие» противоположности логико-семантических и экспериментально-измерительных операций. А в конечном счете — снятие той гносеологической альтернативности, которая в явном виде выступает в ходе методологическо-

²⁸ Количество общей информации, получаемой в процессе экспериментально-измерительных действий, выражается формулой:

$$\Delta I = K \ln \frac{P_0}{P_1} = K (\ln P_0 - \ln P_1)$$

(см.: Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация, с. 44).

го анализа особенностей субъектно-объектного взаимодействия в условиях индустриальной постановки эксперимента.

Глава III. ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Категориальный аппарат и проблема диалектического противоречия в структуре релятивистской и квантовой механики

Современная физическая теория представляет собой комплекс теоретических систем, в котором ведущими являются специальная и общая теория относительности и квантовая теория. Их необычное, «диכו́винное» содержание и особый категориальный и математический аппарат представляют интерес для философов, физиков, для широких кругов научной общественности.

Становление и развитие специальной теории относительности вызвало исключительный интерес к методологическим вопросам физико-теоретического познания, который не утратил своего значения и в настоящее время. Главная методологическая особенность релятивистской теории состоит в том, что в ее конкретно-содержательной структуре находит свое выражение не только объективная природа физических явлений, но и способ, которым осуществляется это выражение. При этом опосредованный характер субъектно-объектного взаимодействия приводит к тому, что это выражение выступает как антиномия в логико-познавательном содержании специальной теории относительности (СТО).

Становление релятивистской теории сопровождалось гносеологической реинтерпретацией наблюдения и измерения, которая показала, что субъект познания является существенной предпосылкой формирования теоретического знания. Однако раскрыть это можно в процессе методологического анализа с широким привлечением философских категорий. Только так возможно прогнозировать вероятностное развитие теории, вскрыть в зародыше те диалектические противоречия, которые еще в полной мере

не проявились в ее развитии¹. Поэтому необходимая роль субъекта познания в процессе становления теории здесь приобретает специфическое содержание.

Как отмечалось, любая физическая теория как научное знание характеризуется четкой логической определенностью своих исходных принципов и понятий, которая обусловлена тем или иным пониманием существа эксперимента и связанных с ним процедур наблюдения и измерения. В этом отношении различие между классической теорией и СТО в значительной степени связано с различным пониманием эмпирической основы, что, в свою очередь, приводит к различной интерпретации исходных теоретических положений.

Действительно, важной теоретико-познавательной предпосылкой в описании физических процессов является принцип относительности. В классической физике он определял необходимое и достаточное условие для констатации инвариантных величин и характеристик. Однако логическое противоречие, возникшее в электродинамике быстро движущихся тел, показало несостоятельность старого существа физического описания явлений. А изменение гносеологического статуса принципа постоянства скорости света позволило не только создать непротиворечивую систему новых физико-теоретических воззрений на природу, но и существенно пересмотреть все основные положения, в том числе и принцип относительности.

В релятивистской теории правомерность этого принципа связана с тем, как и каким способом устанавливается физическая эквивалентность различных инерциальных систем отсчета. Поэтому в новой формулировке принцип относительности утрачивает свою «механическую» форму и становится лишь необходимым условием для выявления геометрических и кинематических закономерностей физических взаимодействий. Что касается достаточного условия, то им оказывается принцип конечности скорости света как принцип постоянной скорости взаимодействия причинно-обусловленных явлений.

Последнее обстоятельство становится понятным, если заметить, что о конечной скорости распространения света было известно еще со времен Ньютона. Так, первое свидетельство этого факта получил в 1675 г. О. Рёмер из астрономических наблюдений затмения спутников Юпитера.

¹ См.: Философские проблемы современного естествознания, М., 1974, с. 16—17.

ра. А в 50-х годах XIX столетия были проведены и наземные измерения, которые впоследствии неоднократно повторялись. Однако эти интересные экспериментальные исследования оставались лишь отдельными частными фактами в рамках классической физики.

Только А. Эйнштейну удалось показать исключительно важное теоретико-познавательное значение этой мировой константы для осмысления физико-теоретических понятий. Такой подход к оценке этого факта позволил дать более глубокую характеристику физических явлений, чем это было возможно на основе методологических предпосылок классической теории. «Эйнштейн разрешил парадокс,— отмечал М. Э. Омеляновский,— не в смысле формально-логической конъюнкции противоречащих друг другу принципов относительности и принципа постоянства скорости света, а это означало... построение новой фундаментальной теории, в которой принцип относительности и принцип постоянства скорости света выступают как необходимо связанные один с другим»².

В релятивистской механике принцип постоянства скорости света играет двойственную роль. С одной стороны, будучи следствием большого числа экспериментальных данных, он фиксирует объективно существующую конечную скорость взаимодействия причинно-обусловленных явлений. С другой — он оказывается средством описания физических процессов, протекающих в разных инерциальных системах отсчета. Это обстоятельство делает особенно важным четкий методологический анализ этого принципа, которому посвящено большое число работ, начиная с первых лет формирования СТО (работы Г. Лоренца, А. Пуанкаре, А. Эйнштейна и др.).

Теоретическое осмысление факта конечности скорости света содержит в себе два момента. Во-первых, констатацию непосредственно проверяемого на опыте утверждения о независимости скорости света от движения его источника. Во-вторых, предположение о равенстве скорости распространения света в любых двух противоположных направлениях. Причем это предположение не может быть однозначно подтверждено опытом. Условный, конвенциональный характер подобного предположения отмечали еще основоположники СТО. Так, например, А. Пуанкаре писал, что эксперимент в равной степени может быть согласо-

² Омеляновский М. Э. Дialeктика в современной физике М., 1973, с. 109.

ван как с утверждением о равенстве скорости света для противоположных направлений, так и с утверждением о неравенстве этих величин³. То, что равенство скоростей делается на основе альтернативного выбора, подчеркивал и А. Эйнштейн⁴. Поэтому в рамках нового обоснования физико-теоретического описания принцип конечности скорости света выступает как альтернативное положение, которое полностью исчерпывает характеристику процесса распространения света: конечная скорость света зависит и не зависит от направления его распространения.

В этой связи возникает и определенная «гносеологическая» корректировка принципа относительности. Как известно, А. Эйнштейн показал, что все инерциальные системы отсчета равноправны в описании любых явлений.

Но такое «экстенсивное» расширение принципа относительности приводит к логической «неопределенности». В самом деле, что означает физическая эквивалентность инерциальных систем отсчета? В классической физике предполагалась абсолютная независимость описаний явлений от способов их наблюдения и измерения. Точнее, их различие сводилось только к формально-математическому пересчету от координат одной системы к координатам другой. Поэтому утверждалось полное совпадение (тождественность) существа теоретического описания явлений в разных инерциальных системах отсчета.

Иная картина возникает в СТО. Альтернативность положения о конечности скорости света приводит к альтернативности в содержании принципа относительности. Иначе говоря, в нем возникает проблема эквивалентности тождественных или кинематически подобных состояний физических процессов в разных инерциальных системах отсчета. Поэтому на одном и том же экспериментальном основании исходные принципы СТО позволяют построить два взаимоисключающих, внутренне непротиворечивых и равнозначных по физическому смыслу описания.

Во-первых, описание в собственных пространственно-временных масштабах двух и более инерциальных систем отсчета одной и той же физической системы. Во-вторых, описание в одной и той же инерциальной системе отсчета, т. е. одним и тем же пространственно-временным масштабом двух и более кинематически различных состояний одной и той же физической системы. Следовательно,

³ См.: Пуанкаре А. Собр. науч. трудов. Т. 3. М., 1971, с. 427.

⁴ См.: Эйнштейн А. Собр. науч. трудов, т. 1, с. 542.

в рамках СТО антиномия выступает как положение о гносеологической неразличимости теоретической фиксации объективного состояния исследуемой системы и самого описания этого состояния в данной инерциальной системе отсчета⁵.

При этом первый способ ведет к тому, что физически равноценные, но различные масштабы обеспечивают в каждой инерциальной системе отсчета описание на одном и том же физическом «языке наблюдений». Тем самым выполняется требование равноправия различных систем отсчета. Второй способ приводит к тому, что становится возможным количественное сопоставление пространственно-временных проекций кинематически подобных состояний одной и той же исследуемой физической системы и, следовательно, определение величины кинематических эффектов.

Таким образом, качественное изменение интерпретации эмпирического основания теории приводит к появлению в ней ряда особенностей, ориентирующих субъекта на разное истолкование теоретического описания. Последнее утрачивает непосредственное однозначное соответствие с объективным аналогом. И это соответствие достигается в процессе конкретной расшифровки исходных, на первый взгляд исключающих друг друга положений, в действительности позволяющих дать более полную и всестороннюю характеристику исследуемых явлений.

В связи с вышесказанным рассмотрим, какой смысл приобретают в том и другом случае преобразования Лоренца. Как отмечалось, признание независимости скорости света от направления его распространения приводит к описаниям одних и тех же явлений в собственных пространственно-временных базисах соответствующих систем отсчета. В этом случае преобразования Лоренца выражают объективно существующее различие между инерциальными системами как необходимо важное условие теоретического описания в каждой из них. Поэтому при сопоставлении подобных описаний это различие выявляется в виде несовпадения единиц масштаба в разных системах отсчета, а преобразования Лоренца устанавливают связь между пространственно-временными базисами различных инерциальных систем отсчета.

⁵ См.: Сидоров В. Г. Проблема антиномии в теоретико-познавательном и содержательном аспектах СТО.— *Философские науки*, 1978, № 2, с. 86.

Признание зависимости скорости света от направления распространения, т. е. экспериментально устанавливаемое значение скорости света рассматривается как среднее арифметическое, означает неизменность в каждой системе отсчета отношения скорости света к скоростям других физических процессов, представляющих интерес для познания⁶. Поэтому становится возможным описание данных процессов при условии признания одного и того же пространственно-временного базиса для различных систем отсчета. В этом случае преобразования Лоренца выражают различие соответственных процессов, т. е. различие, присущее самим физическим явлениям. Иначе говоря, единый пространственно-временной масштаб позволяет выявить кинематическое различие соответственных процессов, которые описываются одинаковым образом в разных системах отсчета.

Заметим, что такая интерпретация сохраняет и преобразования Галилея, но с той существенной поправкой, что необходимо ввести какую-нибудь общую универсальную характеристику кинематического различия соответствующих процессов, например степень всеобщей анизотропии пространства и т. п. Это обстоятельство, на наш взгляд, со всей очевидностью подчеркивает иную природу гносеологических и методологических предпосылок релятивистской теории, которые сближают ее с квантовой механикой, где функцию принципа конечности скорости света выполняет принцип относительности к средствам наблюдения.

Таким образом, специфика опосредованного субъектно-объектного отношения, которая в общеметодологическом плане раскрывается антиномией, в СТО выступает в виде допустимости различных соглашений, характеризующих возможности выбора форм описания одних и тех же экспериментальных фактов. Это обусловлено внутренним единством наблюдения и измерения, а также тем, что физико-теоретическое описание органически включает в себя и способ раскрытия необходимых, существенных связей между явлениями, т. е. физических законов. Иначе говоря, способ наблюдения и измерения физических параметров принципиально существен в рамках релятивистского подхода.

⁶ См.: Тяпкин А. А. Выражение общих свойств физических процессов в пространственно-временной метрике СТО.— Успехи физических наук, т. 16, вып. 4. 1972, с. 629.

Последнее означает, что если функциональное описание может быть построено путем признания собственных базисов в различных системах отсчета, то количественное сравнение предполагает введение единых масштабов измерения. Так, например, сравнение собственных времен двух систем отсчета t_1 и t_2 не может быть выражено простым соотношением типа $t_1 > t_2$ или $t_1 < t_2$ без того, чтобы в основу их измерения не был бы положен единый масштаб, совпадающий с единицей собственного времени одной из систем.

Вместе с тем антиномичность исходных принципов СТО, выступающая в явном виде как исключаяющие друг друга высказывания, не абсолютна, а относительна и в ходе развертывания содержания этих высказываний оказывается «снятой». Иными словами, она сохраняется, но утрачивает характер логического противоречия, поскольку превращается в абстрактные моменты конкретного физико-теоретического описания, исходящего из единой совокупности наблюдаемых и измеряемых данных.

Опосредованный характер субъектно-объектного отношения определяет не только антиномичность теоретического описания в релятивистской механике, но и «гносеологическую» инверсию многих ее основных понятий. В явном виде этот момент наиболее полно выражается в теоретико-групповом методе описания физических явлений. В этом отношении преобразования Лоренца оказываются математическим обобщением преобразований Галилея, включая последние как предельный случай. Они позволяют представить движение как трансформационные изменения свойств четырехмерного пространственно-временного континуума.

Более того, теоретико-групповое описание позволило выявить глубокую связь геометрической инвариантности и законов сохранения, а тем самым и обнаружить связь динамических характеристик движения со свойствами симметрии пространства и времени. Так, инвариантность относительно переноса начала координат приводит к закону сохранения энергии-импульса. Инвариантность относительно вращений в пространственных плоскостях связана с сохранением момента импульса, а относительно пространственно-временных плоскостей приводит к сохранению движения центра масс.

С методологической точки зрения существенна та особенность, которая заключается в возможности «подмены»

основания теоретического описания. Если в классической теории центральным пунктом в разработке детального описания процессов выступала констатация сохраняющихся величин и их однозначная детерминация временным параметром, то в релятивистской теории важное значение приобретает инвариантный признак, а вместе с ним и характер симметрии пространственно-временной определенности физических процессов. Таким образом, принципы инвариантности «во-первых, определяют необходимое условие, которому должны удовлетворять все основные уравнения... во-вторых, коль скоро фундаментальные уравнения заданы, принципы инвариантности либо в форме законов сохранения, либо иным образом оказывают значительную помощь при отыскании решений»⁷. Иными словами, инвариантный характер физического описания движения относительно определенной группы преобразований становится необходимым, но не достаточным условием для выявления качественной специфики того или иного физического процесса. А это означает, что инвариантность свидетельствует только о структуре того «фона», на котором реализуется данный процесс.

Теоретико-групповое описание взаимодействий определяет и методологическую эффективность так называемых пространств представлений, какими являются фазовое пространство и конфигурационное пространство. Сохранением последних выступает внутренняя структура движения в виде геометрического аналога динамики процессов. Существенным условием применения подобных пространств является возможность определения динамических параметров по эквивалентным геометрическим характеристикам.

То обстоятельство, что при теоретическом анализе замкнутых систем широко пользуются выводением сохраняющихся величин из инвариантности относительно пространственно-временных преобразований, легло в основу и определенного методологического понимания соотношения законов сохранения и симметрии. Нередко высказывается мнение о примате пространственно-временной определенности в раскрытии существа физического взаимодействия⁸. И если с точки зрения физико-теоретиче-

⁷ Вигнер Е. Этюды о симметрии, с. 14.

⁸ См., например: Мостепаненко А. М. Проблема универсальности основных свойств пространства и времени. Л., 1969, с. 104.

ского описания этот факт определяется наиболее рациональной мерой решения конкретной задачи, то с точки зрения методологической оценки этого факта подобное утверждение несостоятельно. Ведь оно ведет к признанию того, что свойства движения определяются пространственно-временными особенностями движущихся тел. И следовательно, пространство и время оказываются не только всеобщими формами движущейся материи, но и сущностью движения как способа существования последней. Такое утверждение, на наш взгляд, основано на явном преувеличении роли геометрического описания движения, на преувеличении формального момента по сравнению с содержательным.

Диалектико-материалистическое понимание движения как сущности пространства и времени исходит из совершенно обратного утверждения: свойства пространства и времени таковы лишь постольку, поскольку они обусловлены определенным видом взаимодействия. Поэтому построение геометрического аналога посредством ряда абстракций типа пространств представлений становится необходимым, но не достаточным условием раскрытия качественной определенности физических процессов, и позволяет раскрыть только связь законов сохранения и свойств симметрии.

Что же касается достаточного условия полного описания сущности физического взаимодействия, то оно тесно связано с временной детерминацией динамических параметров. И в этом отношении релятивистские представления о взаимодействии способствовали значительной переоценке и уточнению такой важной методологической проблемы, какой является проблема каузальности.

Действительно, специфика динамического аспекта СТО показывает, что физико-теоретическое описание взаимодействия с методологической точки зрения оказывается противоречивым. С одной стороны, оно выступает опосредованным выражением свойств объекта познания в виде определенных функциональных связей, выражающих необходимо-существенные отношения реальных процессов. С другой стороны — определенной формой знания, составляющего основу экспериментального отношения к этим процессам.

Но необходимо-существенные отношения, т. е. законы, не являются как таковые физическими понятиями, а выступают общеметодологическими категориями. Такими

же оказываются и понятия причины и следствия. Будучи органически вплетенными в плоть теоретического знания, они, подобно другим категориям, выступают способом практического выделения человека из природы. По выражению В. И. Ленина, они «суть ступеньки выделения, т. е. познания мира, узловые пункты в сети, помогающие познавать ее и овладевать ею»⁹. Представления о причинно-следственных отношениях, отмечал Ф. Энгельс, обосновываются благодаря деятельности человека, а поскольку последняя всегда носит предметный характер, постольку причинность всегда имеет смысл по отношению к отдельным процессам, вещам и явлениям¹⁰. Следовательно, методологическая роль причинно-следственных представлений заключается в том, что для любой материальной системы существуют связи, которые могут быть классифицированы как причинно-следственные отношения, обладающие временной упорядоченностью: причина предшествует следствию, является чем-то производящим, вызывающим следствие.

Между тем теоретико-групповой анализ приводит к раскрытию лишь необходимо-существенных связей, представляющих собой констатацию вневременных отношений объектов познания. Поэтому каузальные связи могут быть охарактеризованы двумя моментами: временной последовательностью (причина всегда предшествует следствию), а также необходимо-существенным отношением той совокупности объектов, относительно которой рассматриваются каузальные связи. Эти два момента составляют единое содержание причинностного отношения, а вместе с ним и практическую значимость теории. Поэтому причина как нечто обуславливающее следствие обладает временным предшествованием, но которое не следует из того или иного понимания структуры взаимодействия, хотя и предполагает его определенную концептуальную содержательность.

Заметим, что временное предшествование причины следствию определяет объективный момент теоретического описания, поскольку время, как и пространство, является всеобщей объективной формой существования движущейся материи. Необходимо-существенные связи в виде законов — субъективный момент, так как их

⁹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 85.

¹⁰ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 544—545.

формулировка обусловлена тем или иным концептуальным подходом к характеристике изучаемых явлений.

Сказанное не означает, что необходимо-существенные связи являются продуктом творчества познающего субъекта. Напротив, как таковые они обладают объективным и субъективным моментами своего содержания. Но в рамках практического отношения субъекта к природе они составляют субъективный аспект, выступая в форме знания объективных законов физических взаимодействий. Это замечание столь же справедливо и по отношению к временной соотнесенности причины и следствия. Как таковая эта соотнесенность уже не есть соотнесенность причины и следствия, а поэтому обладает субъективным и объективным аспектами своего содержания.

Релятивистское представление об относительном характере локализации физических явлений во времени и пространстве приводит к тому, что реальное взаимодействие имеет место лишь для тех событий, для которых интервал оказывается временноподобным. Поэтому причинно-следственное отношение может быть только для событий, лежащих «внутри» светового конуса, т. е. в областях абсолютно будущего и абсолютно прошедшего для данного события. Следовательно, в СТО четко определено содержание объективного условия каузальных отношений, конкретизирующее тем самым диалектико-материалистическое положение о том, что каузальность есть сторона, момент общего универсального взаимодействия материальных тел.

Возможность построения теоретического описания с помощью геометрических пространств и каузальных представлений тесно связана с вопросом о полноте физической теории. На этот факт, как известно, впервые обратил внимание А. Эйнштейн. Ему принадлежит формулировка критериев выбора теории, которые состоят в следующем. Критерий внешнего оправдания — теория не должна противоречить данным опыта. Но опыт не дает основания для однозначного теоретического описания. Он, по выражению В. И. Ленина, «настолько «неопределен», чтобы не позволять знаниям человека превращаться в «абсолют...», т. е. он «никогда не может по самой сути дела подтвердить или опровергнуть *полностью* какого бы то ни было человеческого представления»¹¹. По-

¹¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 146.

этому этот критерий дополняется другим — критерием внутреннего совершенства. Здесь уже ставится вопрос не об отношении к опытному материалу, а о содержательных принципах самой теории, «о том, что можно было бы кратко, и не вполне ясно, назвать «естественностью» или «логической простотой» предпосылок (основных понятий и основных соотношений между ними)»¹². Это «внутреннее совершенство», на наш взгляд, обусловлено не только возможностью построения геометрического аналога того или иного типа взаимодействия, но и более точным соответствием существу познавательной деятельности субъекта.

Другой важнейшей составной частью современной физической теории является квантовая теория (особенно квантовая механика и квантовая электродинамика), которая в огромной степени революционизировала не только физику, но и все теоретическое естествознание. Это обусловило столь широкий спектр ее методологических проблем, что он до сих пор оказывается в центре острых научных дискуссий. В квантовой механике ярко проявляется столкновение метафизического и диалектического подходов в оценке исключительно своеобразных идей и объектов физического исследования.

Физическим и философским проблемам квантовой теории посвящены многочисленные монографии и статьи, в которых рассматриваются разнообразные принципиальные вопросы этой теории¹³. Отсылая читателя к ним, мы в данной работе ограничимся анализом лишь некоторых положений квантовой механики под углом зрения развиваемого нами методологического подхода.

¹² Эйнштейн А. Собр. науч. трудов, т. 4, с. 266.

¹³ Отметим лишь некоторые работы советских авторов, вышедшие за последние годы, в которых дана философская разработка квантовых проблем: Омельяновский М. Э. Диалектика в современной физике. М., 1973; Готт В. С. Философские вопросы современной физики. М., 1972; Алексеев И. С. Концепция дополнительности. М., 1978; Антипенко Л. Г. Проблема физической реальности. М., 1973; Готт В. С., Тяхтин В. С., Чудинов Э. М. Философские проблемы современного естествознания. М., 1974; Материалистическая диалектика и концепция дополнительности. Киев, 1975; Философские вопросы квантовой физики. М., 1970; Принцип дополнительности и материалистическая диалектика. М., 1976 и др.

Сейчас кажется просто удивительным, что еще относительно недавно (50—70 лет назад) возникали сомнения в существовании атомов, но после замечательных опытов Резерфорда, приведших к открытию структуры атома, сомнения исчезли. Атом стал физической реальностью. Однако возникло противоречие между фактической устойчивостью атома и выводами из классической механики и электродинамики. Об этом мы уже упоминали, теперь рассмотрим этот вопрос более детально.

Если справедлива ньютоновская механика, а она, казалось бы, в этом случае должна быть справедливой, так как скорости движения электронов в атоме малы по сравнению со скоростью света, то другой модели нельзя себе и представить. Но тут-то и возникают огромные трудности. Так как в ньютоновской механике движение определяется начальными условиями, а они могут быть самыми произвольными, то различные динамические характеристики атома — его размеры, энергия, момент и т. д. — могут принимать произвольные значения. Поэтому следует ожидать, что должно существовать бесчисленное множество отличающихся друг от друга атомов одного и того же химического элемента. Между тем опыт показывает, что атомы одного и того же элемента одинаковы.

Примирился с этим, но обратим внимание на то, что в состав атома входят электроны, которые должны обязательно двигаться: иначе они «упадут» на ядро. Но если они движутся, то их атом можно уподобить маленькой радиоантенне, излучающей электромагнитные волны. Эти волны уносят с собой энергию, и поэтому энергия электрона должна все время уменьшаться. Из законов классической электродинамики следует, что излучение должно было бы привести к такой потере энергии, при которой атом мог существовать только ничтожное время, после чего он должен исчезнуть. Но в действительности атомы — достаточно устойчивые системы.

Мы видим, таким образом, что классическая физика (т. е. классическая механика и классическая электродинамика) оказалась не в состоянии объяснить существование устойчивого атома.

Необходимо было, как и при рождении теории относительности, тщательно проанализировать основные понятия классической физики. На сей раз анализу были подвергнуты не представления о пространстве и време-

ни, что было сделано теорией относительности, а классические представления о характере движения.

Мы вновь встречаемся с ситуацией, в которой развитие физики приводит к необходимости отказа от метафизической методологии, к отказу от необоснованной абсолютизации достигнутого уровня познания действительности. Абсолютизация механической формы движения привела к кризисной ситуации именно потому, что в действительности существуют другие формы движения. Надо было их открыть и выразить полученные результаты с помощью системы как новых, так и старых научных понятий.

Хорошо известно, что механическая форма движения так же внутренне противоречива, как и любая другая. Мы не можем выразить в системе понятий с исчерпывающей полнотой эту противоречивость движения и описываем, по существу, результат движения, а не само движение. Об этом очень хорошо писал В. И. Ленин. Широко распространено представление, что мы можем с любой степенью точности определить скорость движущейся частицы в любой точке траектории. Но если точка на траектории не имеет размера (а именно это следует из определения точки), то, значит, и время, затрачиваемое на прохождение этого нулевого пути, равно нулю, а скорость — величина неопределенная.

Так как в действительности имеют дело с движущимися телами, масса которых на много порядков превышает массу микрообъектов и тем более массу математической точки (равной нулю), то при решении реальных задач классической механики спускались с высот абстракции, закрывали глаза на существующее противоречие и получали результаты, соответствовавшие реальным процессам. Но противоречие механического движения, на которое обратил внимание еще Зенон, оставалось.

Ситуация значительно усложнилась, когда стали делать попытки описать движение открытых к концу XIX века микрообъектов. Экспериментальные и наблюдательные данные, прежде всего в области спектров излучения и поглощения атомов и молекул, интерференция и дифракция электронов, опыты по рассеянию микрочастиц свидетельствовали о том, что классическая механика со своим математическим аппаратом и рядом понятий не соответствует природе этих движущихся объектов. Качественные отличия микрообъектов от макрообъектов

должны были найти отражение и в физической теории. Прежде всего надо было отразить возросшую объективную неопределенность в характеристиках движения микрообъектов. Такой теорией стала квантовая механика. Она объяснила и описала с единой точки зрения огромный круг явлений, относящихся к квантовой физике, в частности к атомной физике, внесла существенный вклад не только в физику, но и в материалистическую философию, обогатив содержание ряда ее категорий, а также дав образец более гибкого употребления понятий.

Важнейшие законы квантовой физики были сформулированы Планком, Эйнштейном, де Бройлем, Бором, Шредингером, Гейзенбергом, Дираком, Борном, Паули, Ферми и др., а внутренний непротиворечивый формализм квантовой механики был создан Шредингером, Гейзенбергом, Паули, Иорданом, Дираком, Борном и др.

Чтобы понять ее основные идеи, обратимся к мысленному опыту Гейзенберга, в котором электрон до взаимодействия его с квантом света обладал определенным импульсом, или, как говорят в квантовой механике, находился в состоянии с определенным импульсом. (Такое состояние должно быть, естественно, предварительно приготовлено с помощью специальных устройств.)

После локализации электрона в определенной области пространства (т. е. приготовления нового электронного состояния) электрон уже не обладает определенным импульсом — наш опыт по локализации электрона разрушил исходное состояние электрона с определенным импульсом. Но электрон движется, и можно поставить вопрос об определении его импульса после освещения электрона пучком света.

Представим себе для этого большое число электронов, находящихся строго в одинаковых состояниях с одинаковым импульсом, и такое же число тождественных пучков света, служащих для освещения электронов. Приступим теперь после освещения электронов к определению их импульсов. Мы увидим тогда, что, несмотря на тождественность исходных условий, результаты опытов будут неодинаковыми — одни электроны будут иметь один, а другие электроны — другой импульс.

Однако мы получим не только разброс импульса в соответствии с соотношением неопределенности Гейзенберга. Мы обнаружим, что при увеличении общего числа опытов отношение числа опытов, в которых обнаружи-

вается некоторое значение импульса, к общему числу опытов стремится к определенной величине. Это означает, что наблюдаемый разброс значений импульсов электронов не хаотичен, а характеризуется определенным статистическим или вероятностным распределением.

Почему в одинаковых опытах с находящимися в одинаковом состоянии электронами мы не получаем определенного значения для импульса электрона, а получаем целый ряд значений, характеризуемых некоторым статистическим распределением? Ведь это явно противоречит детерминизму классической механики.

Действительно, здесь имеется глубочайшее противоречие с классической формулировкой принципа причинности, и то, что лапласовский детерминизм не реализуется в микромире, есть непреложный экспериментальный факт.

Ряд физиков пытались объяснить этот факт, связывая возникновение статистической закономерности с так называемым неконтролируемым характером взаимодействия пучка света с электроном, или, формулируя вопрос более общим образом, с неконтролируемым характером взаимодействия прибора с микрообъектом. Однако хотя воздействие прибора на микрообъект принципиально и не сводится к нулю (в отличие от того, что предполагается в классической физике), отсюда тем не менее нельзя с логической необходимостью заключить, что обязательно должно иметь место определенное статистическое распределение значений импульса электрона.

Впрочем, импульс не играет исключительной роли: аналогичная ситуация, т. е. вероятностное распределение, возникает и при экспериментальном определении значений других физических величин, относящихся к микрообъектам: электронам, протонам, нейтронам, атомам, молекулам и т. д.

Например, если взять атом водорода, находящийся в некотором состоянии с определенной энергией, то положение его электрона в пространстве может быть охарактеризовано только статистическим распределением и не может быть определено с помощью траектории. При этом существенно, что вероятностное распределение для значений координаты не зависит от свойств прибора, служащего для ее измерения, а определяется только значениями энергии электрона и квадрата его момента.

То обстоятельство, что наблюдаемая статистичность в поведении микрообъектов, а главное, ее характер, не есть логическая необходимость (связанная с неконтролируемостью взаимодействия прибора с микрообъектом), следует из того, что логически мыслимы три различных типа поведения объектов при измерениях:

1) измерение физической величины дает с достоверностью некоторое значение;

2) результат измерения может быть предсказан только статистически, но характер статистичности таков, что, если вслед за первым измерением производится второе, то оно будет обладать некоторым распределением, никак не связанным с первым измерением;

3) результат измерения может быть предсказан только статистически, но последующее измерение дает результат, согласующийся с первым измерением.

Первая возможность осуществляется в классической физике, если обеспечивается тождественность условий повторяющегося эксперимента.

Вторая возможность возникает в классической физике в том случае, когда эксперимент повторяется при нетождественных внешних условиях. Например, если подбрасывать большое число монет, то в среднем в половине случаев выпадает герб. Однако если отобрать все монеты, в которых выпал герб, то при повторном подбрасывании нельзя гарантировать выпадение герба — повторное подбрасывание даст такой же статистический разброс, как и первое подбрасывание.

Третья возможность имеет место в классической физике в том случае, когда различие в исходах эксперимента вызывается внутренними причинами. Например, имеется определенная вероятность того, что человек окажется дальтоником. Но если отобрать всех людей, оказавшихся дальтониками при первом испытании, то они окажутся дальтониками и при всех последующих испытаниях.

В квантовой механике в общем случае осуществляется третья возможность (но может осуществляться и первая возможность).

Любопытно отметить, что на заре развития квантовой механики Бор вначале считал, что в квантовой механике осуществляется вторая возможность, но это предположение было опровергнуто экспериментом Комптона.

В настоящее время мы можем лишь утверждать, что поведение микрообъектов характеризуется статистическими закономерностями, причем статистичность эта носит другой характер по сравнению с классической статистикой. Данная квантовомеханическая статистика связана с внутренними свойствами микрообъектов (через такую неклассическую характеристику, как спин). Эта статистичность заключена в самой природе вещей. Но, к сожалению, мы не знаем тех глубоких причин, которые лежат в ее основе, точнее говоря, мы не можем еще сказать, какова взаимосвязь между свойством статистичности и другими глубокими явлениями природы.

Квантовая механика, не давая ответа на вопрос о природе статистичности, т. е. являясь в этом смысле феноменологической теорией, ставит перед собой задачу — дать метод нахождения вероятностных распределений для различных физических величин в различных состояниях микрообъектов.

Эта задача оказывается теснейшим образом связанной с другой — задачей нахождения спектров возможных значений различных физических величин.

Центральной теоретико-познавательной проблемой квантовой теории является проблема отражения объективной реальности микроявлений как в процессе экспериментальной деятельности субъекта познания, так и при абстрактно-математическом анализе опытных данных. В этом отношении принципиальное значение имеет методологический анализ существенной роли прибора как в наблюдении, так и в измерении параметров микросостояний, который обуславливает не только опосредованный характер субъектно-объектного отношения в эксперименте, но и в значительной степени теоретический аспект квантовомеханического описания. «Физическая реальность,— отмечает, например, Л. Г. Антипенко,— это объективная реальность, вовлеченная в практику человеческой деятельности и преломленная через специфику отношения субъект — объект»¹⁴.

Как отмечалось, в классической физике измерение определялось повседневным, обыденным отношением человека к окружающим телам. С помощью твердых тел (масштабов) и часов осуществлялись пространственно-временные измерения, которые стали рассматриваться

¹⁴ Антипенко Л. Г. Проблема физической реальности, с. 30.

как абсолютные универсальные формы любых измерений. Поэтому считалось возможным также сколь угодно точное и однозначное измерение любой другой величины. При этом вполне естественно предполагалось, что и динамические характеристики, такие, как импульс и энергия, могут быть измерены точно и однозначно наряду с пространственно-временными или, что было одно и то же, математически рассчитаны по функциональным зависимостям. А на этой основе можно было объединить все количественные характеристики в единую полную и исчерпывающую картину состояния исследуемых явлений.

Совершенно иное положение возникает в квантовой механике. Здесь не только наблюдение, но и измерение важный компонент эксперимента и не может быть сведено к абстрактно-математическому расчету. Поэтому в квантовомеханическом описании становится существенной проблема, как и каким физическим содержательным способом осуществляется измерение параметров микросостояний. Иными словами, необходимо указать способ измерения не только пространственно-временных параметров, но и динамических — импульса и энергии.

Но в силу физической определенности измерения оказалось, что невозможно одновременно измерить пространственно-временные и динамические параметры одним и тем же приборным устройством. Чтобы осуществить измерение динамического параметра, необходимы приборы с подвижным устройством, движущимся в соответствии с законами сохранения. А для измерения координат и временных промежутков необходимы приборы с неподвижным устройством, т. е. жестко связанным со всем остальным экспериментальным оборудованием, выступающим в качестве системы отсчета. Таким образом, одни приборы дают сведения пространственно-временного характера, другие — импульсно-энергетического. Эти два класса измерений, как отмечает М. А. Марков, не могут быть совмещены в одном приборе и исключают друг друга независимо от практической конструкции измерительного устройства¹⁵.

Следовательно, о состоянии микрообъектов можно судить лишь на основании результатов их взаимодействия с приборами определенного типа. Данное состояние может быть охарактеризовано лишь той стороной, проявля-

¹⁵ См.: Марков М. А. О природе материи. М., 1976, с. 20.

ние которой обусловлено данным устройством прибора и данными для микрообъекта внешними условиями. Это свидетельствует о том, что микрообъектам присуща двойственная природа, которая выражается в понятии «корпускулярно-волновой дуализм». Объективные свойства микрообъекта не могут быть одновременно зафиксированы приборами, измеряющими динамические и пространственно-временные параметры. Неоднократно подчеркивая это обстоятельство, Н. Бор писал: «Поведение атомных объектов невозможно резко ограничить от их взаимодействия с измерительными приборами, фиксирующими условия, при которых происходят явления»¹⁶.

Вместе с тем корпускулярно-волновой дуализм определяет и относительность к средствам наблюдения, которая, по выражению В. А. Фока, составляет «теоретико-познавательную сущность квантовой механики» и которая «...может рассматриваться как прямое развитие того понятия относительности, которое легло в основу эйнштейновской теории 1905 года»¹⁷. Такой подход к существованию квантовомеханического описания дает более глубокую характеристику микрообъектов, чем это было возможно на основе абсолютизации физических явлений, имевшей место в классической физике. Ибо эта характеристика дается в единстве с теми условиями, которые определены данным взаимодействием микрообъекта с прибором. Такая особенность, как отмечает Б. Я. Пахомов, «...обобщается и понимается как относительность к виду взаимодействия... Относительность к процессу измерения представляет собой частный случай проявления относительности к виду взаимодействия, случай, приобретающий специфическое значение для осуществления наблюдений человеком»¹⁸.

Все вышесказанное, на наш взгляд, означает, что в гносеологическом отношении теоретические положения квантовой механики могут быть объективированы либо на «языке наблюдений», либо на «языке измерений». А это дает основание для формулировки следующей антиномии:

¹⁶ Бор Н. Избр. науч. труды. Т. 2. М., 1971, с. 406.

¹⁷ Фок В. А. Физические принципы теории тяготения Эйнштейна. — В сб.: Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. М., 1979, с. 264.

¹⁸ Пахомов Б. Я. Замечания о роли прибора в квантовой механике и о неисчерпаемости материи. — В сб.: Физическая наука и философия. М., 1973, с. 212.

корпускулярно-волновой дуализм выражает как корпускулярные и волновые свойства микрообъектов, так и возможности экспериментальной установки (прибора) в реализации пространственно-временных и импульсно-энергетических измерений. Иначе говоря, корпускулярно-волновой дуализм выражает не только качественное своеобразие микрообъектов, но и специфику измерительных процедур, т. е. содержательность противоположных компонентов физического эксперимента, какими являются наблюдение и измерение.

Антиномичность корпускулярно-волнового дуализма находит свою конкретизацию в соотношениях неопределенностей Гейзенберга, выступающих краеугольным камнем всего формально-математического аппарата квантовой теории. Действительно, наблюдение за квантовым объектом опосредовано прибором, который выступает средством наблюдения, позволяющим конкретизировать качественную определенность исследуемого состояния в виде пространственной локализации, постоянства импульса и т. п. Такая констатация означает создание внешних для микрообъектов условий, соответствующих целям и задачам эксперимента. Это достигается в той части эксперимента, которая, по В. А. Фоку, является начальным опытом и полностью описывается классическими терминами. К тому же он тесно связан с наблюдением, которое, по словам Н. Бора, «в квантовой физике ни в какой мере не отличается от классического физического подхода»¹⁹. Поэтому однозначно определенные макроскопические характеристики прибора становятся одновременно и мерой неопределенности либо положения микрообъекта, либо его импульсного или энергетического состояния.

Но в этом отношении прибор становится уже средством измерения, выступая своеобразным эталоном сравнения с теми или иными значениями параметра исследуемого состояния. В результате получается распределение значений данного параметра, которое может быть предсказано с помощью волновой функции для данного микросостояния. Более того, это распределение носит статистический характер и не зависит от того, получен ли он на основе одновременного измерения заданного параметра всего ансамбля (потока) микрочастиц или на основе последовательного измерения его у следующих

¹⁹ Бор Н. Избр. науч. труды, т. 2, с. 529.

друг за другом единичных микрообъектов. Как отмечал Н. Бор, при измерении в квантовом эксперименте «основной момент состоит здесь в различении исследуемых объектов и измерительных приборов, которые служат для того, чтобы можно было на языке классической физики фиксировать условия, в каких наблюдаются явления» ²⁰.

При этом особенности устройства приборов позволяют проводить измерения либо корпускулярных, либо волновых параметров. При заранее заданной точности измерений пространственно-временных характеристик прибора корпускулярное описание дает вероятностное распределение импульсно-энергетических значений данного микросостояния. А волновое описание позволяет дать статистическую характеристику пространственно-временных значений при условии однозначно заданных импульсно-энергетических параметров прибора. В этом отношении измерение совпадает с той частью эксперимента, которая представляет, по В. А. Фоку, заключительный или проверочный опыт — опыт по проверке прогнозов начального опыта ²¹.

Таким образом, в своем гносеологическом аспекте соотношения Гейзенберга выступают характеристиками объективной неопределенности, присущей микрообъектам и раскрываемой через статистическое распределение значений параметров их состояний и выражением пределов точности измерений этих параметров прибором того или иного класса. Поэтому задача квантовомеханического описания сводится к определению вероятностного распределения каждой величины, доступной измерению, а также к определению временной зависимости этого распределения, что дает в конечном счете полную характеристику возможностей реализации значений измеряемой величины.

В гносеологическом аспекте отмеченные альтернативные моменты корпускулярно-волнового дуализма и соотношений неопределенностей Гейзенберга не могут быть непосредственными исходными пунктами построения однозначной физической интерпретации данных эксперимента. Поэтому в рамках квантовомеханического содержания возникают две взаимоисключающие, но внутренне логически непротиворечивые интерпретации корпуску-

²⁰ Бор Н Избр науч. труды, т. 2, с. 416.

²¹ См.: Фок В. А. Начала квантовой механики. М., 1976, с. 16.

лярно-волнового дуализма и соотношений неопределенностей. Не касаясь исторического становления и развития этих трактовок квантовой механики, ограничимся лишь отдельными их логико-познавательными положениями.

Рассматривая корпускулярно-волновой дуализм как отражение объективной природы микрообъектов, легко видеть, что в этом случае соотношения неопределенностей оказываются проявлением объективной неопределенности самой природы микрообъектов, а статистический характер квантовых закономерностей выражает ограниченность возможностей данной теории в познании действительности. Так как микрообъект может быть локализован в процессе наблюдения, то он не является волной, а поскольку он обладает целым набором возможных значений величин скорости и энергии — микрообъект и не корпускула. Короче говоря, микрообъект не может быть ни волной, ни корпускулой. Эти классические представления при квантовом описании утрачивают свое объективно-содержательное значение, и их роль проявляется через принцип дополнительности Бора.

Согласно этому принципу указанные представления являются взаимоисключающими, но одновременно необходимыми для выявления потенциально присущего микрообъектам корпускулярно-волнового дуализма. А тот факт, что микрообъект, «потенциально» расположенный по всей волне вероятностей, оказывается при измерении локализованной частицей, является результатом его взаимодействия с прибором. При этом волновая функция описывает состояние взаимодействующей с субъектом системы микрообъект + измерительный прибор и содержит в себе всю возможную информацию о данной системе. Иначе говоря, субъект познания противопоставлен системе: измерительный прибор + объект, и расшифровка вероятностного описания означает реализацию одного из потенциально возможных состояний указанной системы. В этом случае квантовомеханическое описание выступает как полное и исчерпывающее всю возможную информацию о состоянии микросистемы с учетом ее объективного своеобразия.

Существует и другая, физическая, интерпретация квантовых явлений. Исходным моментом здесь выступают особенности познавательного процесса, и соотношения Гейзенберга в этом случае оказываются мерами не-

точностей измерения. Данная точка зрения рассматривает статистическую природу квантовых закономерностей как вероятностную в том смысле, что предполагается возможность за статистическими законами выявить законы какого-либо однозначного детерминизма (хотя и не обязательно лапласовского типа).

В этом случае микрообъект выступает, например, как «сумма» сингулярной и регулярной волн в теории двойного решения де Бройля. Вся энергия микрообъекта сконцентрирована в сингулярной области так, что эта область представляет собой локализованную в пространстве частицу. Однако в отличие от классической частицы сингулярность управляется регулярной волной, поэтому она испытывает дифракцию. Иначе говоря, микрообъект всегда предстает как определенный объект, который является и волной, и корпускулой. Но поскольку в этом случае утрачивает смысл понятие «изолированной системы», постольку волновые свойства микрообъекта определяются действием некоторого квантового потенциала, обусловленного существованием «субквантовой среды», активно взаимодействующей с каждым микрообъектом.

В силу этого состояния микрообъекты постоянно подвержены непрерывным, кратковременным флуктуациям, которые носят случайный характер и не поддаются детальному описанию. А все параметры состояния, имеющие в каждый момент времени определенные значения, испытывают непредсказуемые изменения. Для скорости, энергии и любой другой величины можно указать лишь статистические распределения их значений. Вероятностная природа квантовых закономерностей оказывается в этой интерпретации следствием неполноты нашего знания об объективных характеристиках микрообъекта, а соотношения неопределенностей Гейзенберга — мерами неточности измерения, обусловленной флуктуациями субквантовой среды. Изменение пакета вероятностей в ходе экспериментального наблюдения и измерения означает изменение (увеличение) информации субъекта познания, осуществляющего данный эксперимент. Поэтому квантовомеханическое описание оказывается неполным, незавершенным, требующим дальнейшего уточнения и разработки ²². Волновая функция в этом случае может быть

²² См.: Апраде Э. Сильва Ж. Л., Лошак Ж. Поля, частицы, кванты. М., 1972, с. 160 и др.

представлена как описание потенциальных взаимодействий микрообъекта, противостоящего системе субъект познания + измерительный прибор.

Таким образом, при объективизации вышеотмеченного альтернативного содержания корпускулярно-волнового дуализма возникают две взаимоисключающие физические точки зрения. Первая из них содержится в общепринятой интерпретации квантовой механики, берущей свое начало от работ Н. Бора, В. Гейзенберга, М. Борна и других (так называемая копенгагенская интерпретация). В этом случае статистические законы квантового описания выступают выражением объективных свойств и особенностей микропроцессов. С другой точки зрения статистические законы рассматриваются как специфическое выражение особенностей познания микрообъектов в рамках квантового описания. Она в значительной степени была обусловлена работами А. Эйнштейна, Луи де Бройля, Д. Бома и некоторых других физиков, которые считали вероятностную интерпретацию квантовой механики результатом ее внутренней неполноты.

Не затрагивая всей полемики между сторонниками той и другой точек зрения, отметим высказывание В. Гейзенберга, который писал, что противоположную копенгагенской интерпретацию нельзя опровергнуть экспериментом, все подобного рода контрпредложения с физической точки зрения имеют дело не с опровержением копенгагенской интерпретации, а «с точным повторением ее на другом языке»²³. На наш взгляд, эти противоположные интерпретации могут быть представлены как следствия гносеологического содержания основных положений квантовой механики, связанного с особенностями субъектно-объектного отношения в эксперименте, с той ролью, которую играет прибор в познании квантовых взаимодействий.

Глубокая гносеологическая реинтерпретация существа наблюдения и измерения, особенно последнего, качественно иная природа исследуемых объектов привели к изменению познавательного статуса теоретического описания, к появлению в его структуре антиномии. В ней нашла свое выражение иная форма субъектно-объектного взаимодействия в ходе экспериментального исследова-

²³ Гейзенберг В. Развитие интерпретации квантовой теории. — В кн.: Н. Бор и развитие физики. М., 1958, с. 30.

ния. Возникшая при этом альтернативность описания на «языке наблюдений» или на «языке измерения» не абсолютна, а относительна в том смысле, что она «снимается» в конкретно-содержательном анализе того или иного микровзаимодействия, подобно тому как «снимается» противоположность наблюдения и измерения в конкретном действительном эксперименте. Однако отмеченный методологический подход, на наш взгляд, оказывается достаточно плодотворным как в диалектической оценке исходных принципов, так и в осмыслении целого ряда общетеоретических аспектов квантовой механики. Рассмотрим один из них.

Известно, сколь существен в методологическом плане анализ понятия волновой функции, определяющей состояние микросистемы. После многочисленных неудачных попыток истолковать ее в духе классических представлений, согласно Макс Бору (1882—1970), она стала рассматриваться как вероятностная характеристика микросостояния: квадрат модуля волновой функции определяет вероятность (или плотность вероятности) нахождения микрообъекта в данной точке или наличия определенного значения какого-либо параметра. Это позволило объяснить неоднозначный характер результатов измерения тех или иных параметров. Следовательно, волновая функция выражает как своеобразие корпускулярно-волнового дуализма, так и способы его математического описания.

Подчеркивая этот момент, В. А. Фок рассматривает вероятности собственных значений квантовых операторов как потенциальные возможности, создаваемые в начальном опыте и реализуемые в поверочном. При этом элементами статистических коллективов выступают не сами микрообъекты, а результаты опытов над ними. Причем определенная постановка опыта соответствует определенному статистическому коллективу, а получаемые из волновой функции распределения для разных величин относятся к разным постановкам опыта и, следовательно, к разным коллективам. Сама же волновая функция не относится ни к какому статистическому коллективу²⁴.

С такой точки зрения вероятностный характер квантового описания обусловлен природой отдельного микрообъекта, его потенциальными возможностями реализа

²⁴ См.: Фок В. А. Начала квантовой механики, с. 94.

ции тех или иных значений путем многократного повторения опыта в соответствии с принципом дополнительности. Следовательно, по В. А. Фоку, статистическая природа квантовой теории обусловлена свойствами отдельных микрообъектов.

Другая точка зрения наиболее полно была представлена в работах Д. И. Блохинцева. Здесь для характеристики волновой функции в качестве исходного берется квантовомеханический ансамбль. Согласно принципу дополнительности не существует ансамбля, в котором все динамические переменные имели бы определенные значения. Поэтому волновая функция состояния «не есть величина, определяющая статистику какого-либо специального измерения; она является величиной, определяющей статистику квантового ансамбля, то есть статистику любого измерения, совместимого с природой микросистемы и той макроскопической обстановки, которая диктует условия движения для микросистемы»²⁵. С этой точки зрения волновая функция выступает как характеристика тождественных микрообъектов, составляющих квантовый ансамбль.

Анализ этих точек зрения показывает, что каждый из них с одинаковых философских, но различных физических позиций, отмечает важные стороны в физическом смысле волновой функции. Как Д. И. Блохинцев, так и В. А. Фок, на наш взгляд, раскрыли весьма важные различные стороны смысла и значения волновой функции и наметили правильный путь к определению ее объективного аналога в природе через раскрытие ее связей с другими понятиями и принципами квантовой механики²⁶.

Действительно, с одинаковых философских, но разных физических позиций вскрывается антиномичная природа волновой функции. Однако отмеченная гносеологическая альтернатива выступает в явном виде лишь только в ходе методологического анализа, оставаясь «скрытой» в конкретном квантовом описании микросостояний.

Как отмечалось, состояние микрообъектов определяется не только пространственно-временными, но и динамическими параметрами, численные значения которых могут быть получены при измерении в соответствии с за-

²⁵ Блохинцев Д. И. Принципиальные вопросы квантовой механики. М., 1966, с. 35.

²⁶ См.: Готт В. С. Философские вопросы современной физики, с. 113—116.

конами сохранения. Эти законы могут быть выведены математически при помощи унитарных преобразований волновой функции, дающих первые интегралы движения. Следует заметить, что в квантовой механике полнее раскрывается смысл постоянства таких величин, как энергия, импульс и момент импульса. Здесь каждая величина определяется спектром значений, среднее которых остается постоянным. Раскрывая смысл операторов энергии, импульса и момента импульса, квантовая механика полнее связывает их со свойствами симметрии пространственно-временной определенности микросистем. Эта связь выражается так называемыми калибровочными преобразованиями волновой функции, которые включают в себя не только геометрические преобразования, но и тот или иной закон сохранения.

В этой связи заметим, что квантовая механика выявила целый ряд специфических законов сохранения квантового взаимодействия. Например, закон сохранения четности волновой функции для замкнутой или находящейся в центрально-симметричном поле микросистемы, законы сохранения барионного и лептонного зарядов, сохранение странности и изотопического спина, связанные с различными видами динамических симметрий²⁷.

То обстоятельство, что в законах сохранения отчетливо выступает диалектика изменчивости и постоянства, делает их формой конкретизации основных методологических принципов диалектического материализма. А их связь со свойствами симметрии позволяет раскрыть материальное единство мира в форме атрибутивного единства пространства, времени и движения со всем тем своеобразием, которое присуще тому или иному взаимодействию материальных тел²⁸.

Как отмечалось, понятие инвариантности является важнейшим элементом теоретико-групповых представлений. В связи с возрастающей ролью теоретико-групповых методов нередко высказывается мысль о пересмотре основ квантовой теории с точки зрения теории групп и о возможности получения квантовомеханических операторов из более фундаментальных положений, определяемых

²⁷ См.: Готт В. С. Философские вопросы современной физики, с. 255—290.

²⁸ См.: Сидоров В. Г. Эпистемологическое значение законов сохранения в физической теории.— Философские науки, 1974, № 6, с. 22.

методами непрерывных групп. Такой взгляд не лишен основания и обусловлен рядом специфических особенностей теоретико-групповых представлений и особой ролью инвариантного признака в описании физических процессов²⁹.

Действительно, с этой точки зрения существенным оказывается вопрос о представимости законов взаимодействий системами уравнений, инвариантными относительно определенных групп преобразований. Применение этого метода в физике микропроцессов позволило выявить многие свойства квантовых систем без рассмотрения и решения основного уравнения квантовой механики, каким является уравнение Шредингера. С формально-математической стороны теоретико-групповое описание сводится, по сути дела, к нахождению всех операторов, по которым могут преобразовываться физические величины. При этом важное преимущество инвариантных систем уравнений по сравнению с другими возможными системами состоит в том, что в физике задача их нахождения ограничивается только линейными непрерывными представлениями.

Группы преобразований характеризуют кинематические и динамические свойства движущихся объектов, а инвариантность определяет не только неизменность некоторых параметров движения, но и конкретную общность пространственно-временных связей в виде их свойств симметрии. В этом отношении инвариантность является условием симметрии как взаимодействий (динамическая симметрия), так и пространства-времени (геометрическая симметрия). Но для симметрии движения существенны два момента; с одной стороны, различие в виде групп преобразований, а с другой — тождественность в виде инвариантного признака. Поэтому всякая группа взаимно-однозначных преобразований определяет характер тождества в различии. И если сохранение выступает как тождественное повторение, как неизменность значений величин или формы уравнений, то для симметрии характерна сочетаемость различий, в результате чего образуется определенное однообразие и единство. Иными словами, для симметрии характерен «процесс существования и становления тождественных моментов в определен-

²⁹ См., например Боголюбов Н. Н., Широков Д. В. Введение в теорию квантовых полей. М., 1957 и другие работы.

ных условиях и в определенных отношениях между различными и противоположными состояниями явлений мира»³⁰.

Но наряду с процессами становления тождественного в различном, происходит становление и различия в едином, тождественном, определяющее асимметрию физических процессов. Это различие проявляется в относительном характере симметрии физических законов, поскольку их инвариантность имеет смысл только для определенных групп преобразований. В соответствии с этим симметрия неотделима от асимметрии. Это единство раскрывается во взаимосвязи различных групп преобразований, ибо последние представляют собой специфическое единство сохранения и изменения, вытекающее из тождества и различия физических связей и отношений³¹.

Однако связь законов сохранения со свойствами симметрии не исчерпывает их природы. Выражая существенные стороны физических процессов, законы сохранения выступают мерой их взаимопревращаемости. Поэтому сохранение при наличии одновременного изменения оказывается формой проявления устойчивости в изменчивом. Без относительной устойчивости, без сохранения теряет смысл и изменение. Законы природы по своему содержанию — это законы сохранения и изменения, противопоставление которых приводит к метафизическому пониманию общих закономерностей объективной реальности. «Сохранение и изменение,— отмечает Н. Ф. Овчинников,— выступают в неразрывном единстве»³².

Определяя изменение как существенную сторону движения, теоретико-групповые представления вместе с тем характеризуют кинематические свойства движения и со стороны сохранения его качественной специфики как определенного вида взаимодействия. Это сохранение оказывается моментом изменения, порождается им и выступает в виде инвариантности как противоположность и как сторона изменения. Поэтому, возникнув первоначально как геометрические представления, теоретико-групповые методы принимают более общий вид, в силу того что математически отображают, далеко не полно, диалектический принцип единства сохранения и изменения.

³⁰ Готт В. С. Философские вопросы современной физики, с. 370.

³¹ См. там же, с. 375—378.

³² Овчинников Н. Ф. Принципы сохранения. М., 1967, с. 76.

И наконец, одной из важных методологических проблем квантовой механики является уже обсуждавшаяся нами проблема каузальности. Эта проблема широко представлена в научной литературе³³. Известно, что понятие причины и следствия являются философскими понятиями, но они органически входят в содержание физико-теоретического знания, без них последнее утрачивает свою теоретико-познавательную ценность. Философские категории фиксируют определенный подход социально обусловленного субъекта познания к характеристике объективных закономерностей. Как таковые причина и следствие выполняют предсказательную функцию, т. е. определяют возможности предвидеть будущие состояния и изменения объектов исследования.

С точки зрения субъектно-объектного взаимодействия причинно-следственные связи всегда характеризуются, с одной стороны, объективной временной упорядоченностью причины и следствия, с другой — определенной формой необходимо-существенных связей, формой, которая в значительной степени обусловлена тем или иным концептуальным подходом к оценке природных явлений.

И если релятивистская механика внесла существенные коррективы в пространственно-временной аспект каузальных связей, то квантовая механика коренным образом изменила характер необходимо-существенных отношений, составляющих важный момент каузальности. Эти изменения были столь значительными, что даже ставился вопрос о возможном отсутствии причинности в микромире, т. е. причинность сохранялась как теоретическое представление в рамках квантовомеханического формализма, но утрачивала смысл, когда речь шла об объективной детерминации состояний микрообъектов.

Существенной предпосылкой такого изменения является то, что в квантовой механике формой проявления субъективного момента познания выступает принцип относительности к средствам наблюдения. Корпускулярно-

³³ См., например: Бом Д. Причинность и случайность в современной физике. М., 1958; Вопросы причинности в квантовой механике. М., 1955; Баженов Л. Б. Причинность и законы сохранения.— Вопросы философии, 1971, № 4; Свечников Г. А. Причинность и связь состояний в физике. М., 1971; Сейфулаев Р. С. Концепция причинности и ее функции в физике. Новосибирск, 1973; Современный детерминизм. Законы природы. М., 1973; Современный детерминизм и наука. Т. 1—2. Новосибирск, 1975; Купцов В. И. Детерминизм и вероятность. М., 1976 и др.

волновой дуализм обуславливает статистическое описание взаимодействия, т. е. путем определения вероятностей тех или иных значений физических параметров. А уравнение Шредингера — основное уравнение квантовой механики, однозначно определяет в любой момент времени значение волновой функции, которая и позволяет вычислить средние значения параметров микросистемы, а также их зависимость от времени.

Однако то, что корпускулярно-волновой дуализм не позволяет дать характеристику состояния по всем параметрам, однозначное соответствие причинно-следственного отношения, столь характерное для классической теории, утрачивает свою содержательность в квантовой механике. Каузальная связь здесь приобретает многозначное соответствие, т. е. одна и та же причина (например, одинаковые внешние условия) для данного состояния микросистемы определяет различные следствия, обладающие разной степенью своей реализации в виде распределения вероятностных значений тех или иных параметров системы. Поэтому в квантовой механике причинно-следственные связи приобретают статистический характер, и лапласовский детерминизм становится одной из тех теоретических идеализаций, ограниченность которых со всей очевидностью была выявлена квантовомеханическими представлениями. Здесь определилась новая форма детерминизма, которая огранически включает в себя случайность.

Для того чтобы квантовая механика была последовательной и непротиворечивой физической теорией, необходимо, чтобы квантовыми свойствами обладали не одни только электроны, но в целом вещество и поле.

Действительно, если бы свет не обладал квантовыми свойствами, то, сделав интенсивность пучка света в рассмотренном выше мысленном эксперименте Гейзенберга достаточно слабой, мы смогли бы определить точное положение электрона (выбрав длину волны света достаточно малой), не изменив при этом его импульса. Иными словами, соотношение неопределенностей — важнейший закон квантовой механики, не выполнялось бы.

Но свет обладает квантовыми свойствами. Это значит, что его можно представить себе состоящим из отдельных частиц-фотонов, движущихся со скоростью света и обладающих определенной энергией и определенным импульсом.

Для фотона, так же как и для электрона, может быть построена квантовая механика, но она является более сложной, чем квантовая механика электрона, так как масса фотона равна нулю и он движется со скоростью света.

Таким образом, возникает новая физическая теория — квантовая электродинамика, представляющая собой квантовую теорию электромагнитных взаимодействий.

Широкому развитию квантовой электродинамики предшествовало создание Дираком релятивистской квантовой механики электрона, сочетающей квантовое описание электрона с требованием специальной теории относительности об инвариантности уравнений любой физической теории относительно преобразований Лоренца.

В релятивистской квантовой механике электрон описывается не одной волновой функцией, как в нерелятивистской квантовой механике, а четырьмя функциями, образующими вместе единую математическую величину — биспинор, преобразующийся по определенному закону при преобразованиях Лоренца.

Четыре компонента биспинора подчиняются, как функции координат и времени, определенным дифференциальным уравнениям, установленным Дираком и носящим его имя.

Эти уравнения, являющиеся релятивистским обобщением уравнения Шредингера, приводят к двум важнейшим физическим выводам.

Во-первых, они показывают, что электрон должен обладать внутренним моментом количества движения — спином, равным $\frac{1}{2}$ (в единицах квантовой постоянной \hbar). Таким образом, спин появляется в теории автоматически, а не вносится в нее искусственно, как это было до Дирака.

Во-вторых, уравнения Дирака допускают решения, соответствующие состояниям электрона с отрицательной энергией или электрону с положительным зарядом (позитрону).

Предсказанное теорией существование позитрона было доказано экспериментально, как и наличие процессов превращения пары электрон — позитрон в фотоны и обратно.

Оба этих явления — рождение пар и их превращение в излучение — также были теоретически предсказаны

Дираком. История науки знает мало таких замечательных триумфов теории.

Электромагнитное поле, электроны и позитроны выступают в квантовой электродинамике как два равноценных вида единой материи.

Можно сказать, что идеи Фарадея и Максвелла о реальности поля получили подтверждение и развитие.

В основе квантовой электродинамики лежат уравнения Максвелла, описывающие классическое электромагнитное поле, и квантовомеханические уравнения Дирака, описывающие релятивистский электрон.

Уравнения Дирака, как и уравнения Максвелла, имеют полевой характер и отражают вместе с последними волновую природу материи.

Замечательное предсказание Дираком возможности существования частицы, отличающейся от электрона только знаком заряда — позитрона, привело к важному выводу о том, что уравнения Дирака описывают не только электроны, но и позитроны. Поэтому, проводя аналогию между уравнениями Дирака и Максвелла, можно сказать, что уравнения Максвелла описывают электромагнитное поле, а уравнения Дирака — электронно-позитронное поле.

Понятия полей — электромагнитного и электронно-позитронного — являются основными в квантовой электродинамике.

Данный краткий обзор, на наш взгляд, свидетельствует, что релятивистская и квантовая механика еще больше раскрыли в своем методологическом содержании субъективную диалектику физического познания, отражающего объективную диалектику изучаемого физикой фрагмента материального мира. С одной стороны, антиномичность формы теоретического описания как выражение противоречивости познавательного процесса, с другой — расширяющаяся система философских, общенаучных и частнонаучных понятий, более всесторонне раскрывающих противоречивую природу объектов познания, явились ярким подтверждением ленинской мысли о том, что современная физика очень успешно, нарастающими темпами идет к своему единственному верному методу познания — методу материалистической диалектики, а представители марксистской философии, укрепляя союз с физиками, способствуют ускорению этого объективного процесса.

Основные понятия общей теории относительности и альтернативность их гносеологического содержания

Большую роль не только в физике, но и во всем современном познании играет общая теория относительности (ОТО), которая характеризуется весьма широким и многогранным понятийным содержанием и вместе с тем сравнительно узким экспериментально-опытным фундаментом. Своими основными идеями ОТО произвела подлинную революцию в физико-теоретических представлениях о пространстве и времени. Эта революция еще не завершилась. В последние два десятилетия быстро растет число работ в этой области физического познания, что, на наш взгляд, связано прежде всего с осознанием идейной мощи ОТО, возможностями ее применения в других областях физики, а также с новыми экспериментальными результатами и данными наблюдений в области космологических исследований³⁴.

То, что ОТО занимает одно из важных мест в развитии современной теоретической физики, обусловлено целым рядом причин. Во-первых, эта теория, включая в единую геометрическую схему пространство, время и тяготение, выступает прообразом геометрического описания и других физических взаимодействий, в частности в физике элементарных частиц. Во-вторых, исследуя наиболее общие физические свойства пространства-времени, ОТО представляет собой основу для физико-математического описания различных вариантов космологических моделей. Отсюда исключительная широта ее области исследования, в которой физико-теоретические методы тесно переплетаются с мировоззренческими оценками и методологическими подходами в решении разнообразных задач. Как отмечал К. Ланцош, ОТО явилась «фундаментальным открытием, имеющим беспрецедентное значение и ставшим возможным благодаря глубоким математическим и философским рассуждениям»³⁵.

В настоящее время интерес к ОТО возрос в связи с тем, что эта теория вступила в новый период своего развития, характерный всесторонней разработкой и от-

³⁴ См., например: Хокинг С. В., Израэль В. Общая теория относительности.— Успехи физических наук, т. 133, вып. 1, 1981, с. 139 и др.

³⁵ Ланцош К. Вариационные принципы механики. М., 1965, с. 23.

части пересмотром ее основных принципов и фундаментальных понятий³⁶. Более четкими стали логические связи с другими физическими теориями. Особый интерес представляет тенденция объединения релятивистских и квантовых подходов в решении ряда конкретных задач. Значительно расширилась связь теоретических положений ОТО с разнообразными вопросами экспериментального характера.

Сегодня ОТО характеризуется множеством математических подходов в описании гравитации. Так, наряду с ортодоксальной теорией гравитации Эйнштейна существуют скалярно-тензорная теория Дикке—Бранса, геометридинамика Уилера, скалярная теория Нордстрема, космологическая теория Хойла-Нарликара и многие другие. Одни теории развивают идеи ОТО, другие отличаются от нее в понимании природы гравитации. Наряду с классическим вариантом Эйнштейна, рассматриваются и другие математические подходы к ОТО: тетрадный и двуметрический формализм (Х. Меллер, Д. Д. Иваненко, А. Е. Ивашов, В. И. Родичев, Я. И. Пугачев и др.), двухточечный формализм (Дж. Л. Синг), теория моделирования (А. З. Петров) и др.

Общей теории относительности всего около 70 лет. Углубленная разработка А. Эйнштейном специальной теории относительности привела его к анализу тяготения.

В СТО, подобно классической механике, сохранялось «привилегированное» положение систем отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно. Но что является основанием этого преимущества? Ответ на этот вопрос А. Эйнштейн положил в основу анализа тяготения. Здесь существенным оказался факт, известный еще классической механике — существование двух масс: инертная масса определялась отношением силы к величине ускорения, а тяжелая масса — на основе закона всемирного тяготения, т. е. как величина, пропорциональная весу тела. И хотя не было никаких оснований считать эти массы равными, ибо связь тяготения и инерции не была объяснена, тем не менее их равенство являлось опытным фактом, известным не только Ньютону, но и Галилею.

³⁶ См.: Логунов А. А. Новые представления о пространстве, времени и тяготении.— Материалы III Всесоюзного совещания по философским вопросам современного естествознания. Вып. 3. М., 1981, с. 37.

В конце XIX в. венгерский физик Р. Этвеш в серии весьма точных опытов, проведенных с 1890 по 1910 г. и продолженных им в 1922 г., показал, что равенство величины масс выполняется очень точно (ошибка в измерении — порядка 10^{-8}). Позже были проведены еще более точные измерения В. Б. Брагинским и Р. Дикке, которые довели возможную ошибку до 10^{-12} . Многочисленные исследования показали, что равенство инерциальной и гравитационной масс — это один из наиболее строго установленных фактов.

В 1907 г. А. Эйнштейн в ряде работ показал, что это равенство — не случайное явление, а следствие общего свойства гравитационного поля, делающего возможным переход от инерциальной системы отсчета к неинерциальным. А. Эйнштейн сформулировал принцип эквивалентности следующим образом: «В поле тяготения (малой пространственной протяженности) все происходит так, как в пространстве без тяготения, если в нем вместо «инерциальной» системы отсчета ввести систему, ускоренную относительно нее»³⁷.

Этот принцип послужил отправной точкой для создания новой теории, которую А. Эйнштейн назвал общей теорией относительности. Она была изложена им после ряда подготовительных работ 1914—1915 гг. в небольшой книге «Основы общей теории относительности», изданной в 1916 г.

По мысли А. Эйнштейна, основной постулат ОТО заключается в том, что не существует привилегированных систем координат, что законы физики таковы по своей природе, что могут быть применимыми в любых произвольно движущихся системах отсчета. Поэтому и уравнения движения должны оставаться ковариантными не только по отношению к лоренцевым, но и при произвольных преобразованиях.

Выведенные А. Эйнштейном из этого постулата математические следствия привели к дальнейшему обобщению понятий пространства и времени. Действительно, если кинематическое изменение состояния ведет к усилению или ослаблению гравитационного поля в какой-либо системе отсчета, то ясно, что между гравитацией и кинематикой существует тесная связь. Но кинематика — это геометрия, к которой добавлена четвертая пе-

³⁷ Эйнштейн А. Собр. науч. трудов, т. 4, с. 282.

ременная — время, поэтому А. Эйнштейн стал интерпретировать гравитационные явления как геометрические свойства пространства-времени. Отсюда, в частности, следовало, что согласно ОТО наш мир является неевклидовым и его геометрия определяется распределением масс и их скоростями.

Следует заметить, что уже во второй половине XIX столетия была ясна мысль о возможных неевклидовых геометриях. Работы Н. И. Лобачевского, Я. Больяи, К. Ф. Гаусса и Б. Римана показали, что можно построить геометрию, отличную от евклидовой. Но более чем за полстолетия никто не смог сделать ни одного шага на пути выяснения геометрии физического мира. Ибо не была еще понята связь между пространством, временем и движением, которую раскрыла специальная теория относительности и которая в общем виде еще раньше была сформулирована в философии диалектического материализма.

В релятивистской механике важнейшей пространственно-временной характеристикой выступает интервал. В соответствии с тем обобщением, которое имеет место в ОТО, в неинерциальной системе отсчета квадрат интервала также является квадратичной формой от дифференциалов координат, но имеющей более общий вид:

$$dS^2 = g_{ik} dx^i dx^k, \quad i, k = 0, 1, 2, 3,$$

где g_{ik} — некоторые функции пространственных координат x^1, x^2, x^3 и временной координаты x^0 . Таким образом, четырехмерная система координат при обобщении на неинерциальные системы отсчета становится криволинейной. Величины g_{ik} , определяя геометрические свойства в каждой криволинейной системе координат, устанавливают метрику пространства-времени.

Поэтому всякое гравитационное поле является не чем иным, как изменением метрики пространства-времени, соответственно чему оно определяется величинами g_{ik} , т. е. отклонениями значений компонентов метрического тензора от их значений:

$$g_{00} = -1, \quad g_{11} = g_{22} = g_{33} = 1, \quad g_{ik} = 0, \quad i \neq k,$$

которые называются галилеевыми³⁸.

³⁸ См.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. М., 1973, с. 291.

Таким образом, в ОТО выбор систем отсчета ничем не ограничен. Более того, существенно меняется и само понятие системы отсчета по сравнению с тем смыслом, который оно имеет в специальной теории относительности. Если в последней под системой отсчета понималась совокупность покоящихся друг относительно друга тел, то в случае ОТО таких систем не существует, и для определения положения в пространстве какого-либо тела необходимо, строго говоря, иметь бесконечную совокупность тел, заполняющих все пространство наподобие некоторой «среды». Такая «система тел» со связанными с каждым из них произвольно идущими часами и является системой отсчета в ОТО. А в связи с произвольностью выбора той или иной системы отсчета законы природы должны записываться в ковариантном виде, что осуществляется применением тензорного анализа.

В связи с тем, что в ОТО выбор системы отсчета ничем не ограничен, тремя пространственными координатами x^1, x^2, x^3 могут являться любые величины, определяющие положение тел в пространстве, а временная координата x^0 определяется произвольно идущими часами. По значениям отмеченных величин можно вычислить расстояния и промежутки времени (хотя здесь имеют место более сложные зависимости).

В самом деле, если в СТО элемент пространственного расстояния определяется интервалом между двумя одновременными событиями, т. е. $dx^0 = 0$, то в гравитационном поле пространственный интервал определится выражением:

$$dl^2 = \left(-g_{\alpha\beta} + \frac{g_{0\alpha}g_{0\beta}}{g_{00}} \right) dx^\alpha dx^\beta,$$

где $\alpha, \beta = 1, 2, 3$, а $g_{\alpha\beta}, g_{0\alpha}, g_{0\beta}, g_{00}$ — соответствующие компоненты метрического тензора g_{ik} .

В общем случае пространственная метрика меняется со временем, и интервал dl зависит от того, по какой мировой линии между заданными пространственными точками он берется. Таким образом, в ОТО теряет смысл понятие определенного расстояния между телами, оно сохраняется лишь в применении к бесконечно малому.

Единственным случаем, когда расстояние может быть определено и в конечных областях пространства, являются такие системы отсчета, в которых dl не зависит от

времени и интеграл вдоль пространственной кривой будет иметь определенный физический смысл.

Не менее парадоксальным оказывается и вопрос об одновременности в ОТО, т. е. о возможности синхронизировать часы, находящиеся в разных точках пространства. Как показывает анализ, в ОТО синхронизация часов вдоль замкнутого контура оказывается, вообще говоря, невозможной³⁹.

Разность значений «времени» dx^0 для двух одновременных событий, происходящих в бесконечно близких точках, равна

$$dx^0 = - \frac{g_{0a}}{g_{00}} dx^a.$$

Исключение составляют лишь такие системы отсчета, в которых компоненты $g_{0a} = 0$.

Следует подчеркнуть, что невозможность синхронизации всех часов является свойством произвольной системы отсчета, а не пространства-времени как такового. В любом гравитационном поле всегда можно выбрать систему отсчета таким образом, чтобы сделать возможной синхронизацию часов. Следовательно, если в СТО течение времени различно для движущихся относительно друг друга часов, то в ОТО время течет различным образом и в разных точках пространства одной и той же системы отсчета. Поэтому интервал собственного времени между двумя событиями, происходящими в некоторой точке пространства, и интервал времени между одновременными с ними событиями в другой точке пространства, вообще говоря, отличны друг от друга.

И наконец, отметим еще одну важную особенность ОТО — это ее основные уравнения гравитационного поля (уравнения Эйнштейна). В ковариантной форме они запишутся следующим образом:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = \frac{8\pi K}{c^4} T_{ik}.$$

В этих уравнениях связаны между собой геометрические свойства четырехмерного пространства, определяемые тензором Римана R_{ik} , или тензором кривизны, и тензор энергии-импульса T_{ik} . Это система дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка.

³⁹ Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля, с. 303.

ОТО обладает исключительной логической стройностью, поскольку для ее построения потребовалось введение лишь одной константы — постоянной тяготения K .

С момента создания ОТО вызывало удивление, что она не дает выхода в практику, а ее теоретические приложения долгие годы были очень скромные.

Остановимся на фактах, которые в той или иной степени подтверждают эту теорию.

Из ОТО следовало: а) объяснение движения перигелия орбиты Меркурия; б) предположение, что луч света, проходящий вблизи гравитирующей массы, должен отклоняться от прямолинейного пути; в) должно наблюдаться смещение линий спектров к их красному концу, названное эффектом Эйнштейна. Смещение спектральных линий излучения далеких звезд в сторону красного цвета подтверждает теорию гравитации, предсказавшей уменьшение частоты излучения в сильном поле тяготения по сравнению с соответствующими линиями в спектрах земных источников.

Однако хотя отмеченные эффекты и наблюдаются, но достигнутая точность их измерения еще невелика. Так, отклонение световых лучей в поле Солнца, которое согласно ОТО достигает 1,75 угловой секунды при прохождении луча вблизи солнечного диска, измерено с погрешностью около 10 %. Гравитационное смещение частоты спектральных линий — с погрешностью порядка 1 %. С такой же точностью измерено и смещение перигелия Меркурия, которое многие годы рассматривалось как наилучшее подтверждение ОТО. Как отмечает В. Л. Гинзбург, «сейчас можно лишь утверждать, что даже для слабых полей... ОТО проверена лишь с погрешностью до процента»⁴⁰. Поэтому вопрос об экспериментальном обосновании этой теории в значительной мере перешел и другую область — область сильных гравитационных полей космологических и астрофизических объектов, где ОТО дала новые подходы к решению вопросов о свойствах мира в космических масштабах.

Астрофизика, созданная в XX столетии, ныне приобретает всевозрастающее значение. ОТО дала ей историческую перспективу, поскольку центральными проблемами астрофизики стали вопросы возникновения, рождения и гибели звезд, звездных систем и галактик. Важная за-

⁴⁰ Гинзбург В. Л. О физике и астрофизике. М., 1980, с. 91.

дача астрофизики и космологии — это изучение свойств пространства и времени в больших масштабах и длительных промежутках времени, что привело их к объединению с внегалактической астрономией. Но «вопросом вопросов» является исследование эволюции Вселенной. В этом отношении трудно переоценить ОТО, тем более что в рамках ньютоновской механики и классической физики эта проблема приводит ко многим парадоксам или бессмысленным бесконечностям (гравитационный парадокс Зеелигера, фотометрический парадокс Ольтерса и др.).

Релятивистская космология открыла новые пути и к решению проблемы бесконечности Вселенной. Первая релятивистская космологическая модель была предложена А. Эйнштейном в 1917 г. При решении гравитационных уравнений он исходил из того, что инерция, а следовательно, и кривизна пространства полностью определяются массами вещества и полей. По мнению А. Эйнштейна, это требование выполнимо, если допустить, что пространственная протяженность и масса материальных объектов Вселенной конечны. Поэтому характерной особенностью модели Эйнштейна является статичность, под которой подразумевается неизменность ее геометрической структуры и постоянство радиуса кривизны. Но, несмотря на конечность, пространство безгранично, иными словами, геометрически оно является римановым пространством постоянной положительной кривизны.

Вообще говоря, с точки зрения ОТО логически допустим и другой вариант статической модели бесконечной Вселенной. В этом случае массы материальных объектов составляют некоторые островные образования, и пространство, занятое веществом, имеет неевклидовую метрику. Но в целом во Вселенной средняя плотность вещества равна нулю, и поэтому на бесконечности пространство евклидово.

Однако развитие космологии вскоре показало неудовлетворительность статического характера подобных моделей. В 1922 г. советский математик А. А. Фридман получил фундаментальные результаты, относящиеся не только к статическим моделям, но и к уравнениям Эйнштейна в целом. Существо их сводится к доказательству совместимости уравнений ОТО с идеей нестатичности пространства, а развитие космологии показало, что

решения Фридмана не являются чисто математической возможностью.

Отличительной особенностью фридмановских решений является положение о том, что размеры Вселенной непрерывно изменяются. Это изменение зависит от отношения реальной плотности вещества во Вселенной к некоторой средней. При отношении большем единицы Вселенная ограничена поверхностью четырехмерного шара, радиус которого увеличивается со временем, достигает максимума, а затем сжимается. Такая модель называется закрытой моделью Фридмана.

Если же отношение равно единице, то хотя и происходит неограниченное расширение, однако геометрия остается эвклидовой. И наконец, если отношение меньше единицы, геометрия реального пространства совпадает с геометрией Лобачевского, т. е. является пространством с постоянной отрицательной кривизной.

Таковы три основные фридмановские модели Вселенной. При существенном различии в них есть одна общая черта, а именно все они «начинаются» с точки — со значения радиуса Вселенной, равного нулю. Эта точка называется началом, в ней плотность вещества чрезвычайно высока (в принципе бесконечна). Это важный и неожиданный вывод, который принесла с собой релятивистская космология. Согласно ему около 20 млрд. лет назад Вселенная находилась в особом сверхплотном состоянии. Такое утверждение не нарушает строгости теории, ибо уравнения тяготения справедливы при любых значениях плотности вещества. Конечно, в действительности такое состояние значительно осложняется квантовыми эффектами, рождением частиц и т. д. И хотя вопрос о природе этого состояния остается открытым, тем не менее теоретические оценки его позволяют определенным образом интерпретировать и анализировать данные астрофизических наблюдений и измерений⁴¹.

Вопрос о том, какая модель реализуется в действительности, существенно зависит от эмпирических данных. Последние в значительной мере свидетельствуют в пользу однородности и изотропности метagalактического пространства, однако все же возможно, что реальное

⁴¹ См., например: Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Релятивистская астрофизика. М., 1967; Толмен Р. Относительность, термодинамика и космология. М., 1974; Фролов В. П. Введение в физику черных дыр. М., 1983.

пространство больших масштабов неоднородно и анизотропно. Это означает, что в природе реализуется не частный случай релятивистского пространства, а общий, который допускается ОТО. В случае неоднородного пространства исчезает прямая связь между кривизной пространства, его конечностью и бесконечностью. Иначе говоря, любой наблюдатель, обладающий возможностью обозревать лишь локальные области пространства, на основе знаний о кривизне этой области не в состоянии решить проблему конечности и бесконечности Вселенной. Обе альтернативы в рамках релятивистской теории оказываются непротиворечивыми, а эмпирические данные не дают оснований избрать одну из них в силу хотя бы того, что знак кривизны перестает быть количественной характеристикой пространства в целом. Таким образом, вопрос о конечности и бесконечности Вселенной оказывается открытым, но это не означает возможности каких-либо агностических заключений. Наоборот, как отмечал Э. М. Чудинов, «утверждение об открытом характере вопроса о бесконечности... имеет принципиальный характер. Оно выражает самое существо проблемы, ее реальное содержание»⁴².

Итак, ОТО явилась новой революционной теорией в физическом познании, коренным образом изменив представления об астрономической Вселенной, значительно раздвинув границы научно-теоретических оценок как далекого прошлого, так и будущего, выдвинув новые не только физические, но и гносеологические проблемы научного поиска.

Из широкого многообразия методологических и гносеологических проблем теории гравитации мы остановимся на одной, которая, на наш взгляд, наиболее полно раскрывает особенности и специфику субъектно-объектного взаимодействия в условиях индустриального эксперимента,— это проблема гносеологической редукции исходных принципов ОТО.

Как известно, задача физического познания состоит в выявлении объективных законов достаточно широкого круга природных явлений. Ее решение связано не только с конкретно-физическим анализом, но и с определенными

⁴² Чудинов Э. М. Эйнштейн и проблема бесконечности Вселенной.— В сб.: Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. М., 1979, с. 289.

гносеологическими оценками фундаментальных принципов, лежащих в основе той или другой теоретической концепции. Это особенно важно для теории гравитации, для которой, как отмечалось, нет достаточно прочной экспериментальной основы, поскольку из-за малой интенсивности гравитационного взаимодействия на Земле непосредственные экспериментальные результаты получены лишь для слабого поля. А исследования же сильных полей путем астрофизического изучения структуры и строения галактических объектов носят косвенный характер. Поэтому в ОТО логико-гносеологические аспекты исходных принципов приобретают особое значение. А такими принципами являются принцип относительности и принцип эквивалентности. Кратко остановимся на некоторых моментах их содержания, возникавших и возникающих в ходе разработки ОТО и других теорий гравитации.

Как отмечалось, принцип относительности в физике имеет особое эпистемологическое значение. Именно с него исторически и логически начиналась физическая наука, именно этот принцип стал одним из тех теоретических положений, радикальный пересмотр которого был обусловлен не только внутренней логикой развития физической теории, но и рядом требований познавательного характера.

В механике принцип относительности означал невозможность, опираясь только на механические процессы, однозначного выделения из множества систем отсчета абсолютной системы. В рамках СТО принцип относительности рассматривается как утверждение того, что никакими физическими процессами невозможно выделить инерциальное движение одной системы отсчета относительно другой. Такое обобщение привело к существенной релятивизации пространственно-временных представлений. Но это же обобщение выявило и другую проблему — проблему особого (привилегированного) характера инерциальных систем отсчета. А. Эйнштейну удалось разрешить ее, осуществив предельно широкое обобщение принципа относительности, что привело к целому ряду важных физико-теоретических следствий, составивших содержание ОТО.

Прежде всего заметим, что логическое обобщение этого принципа означает требование того, чтобы законы физических взаимодействий одинаковым образом выража-

лись бы в любых системах отсчета, движущихся произвольным образом относительно друг друга. «Общие законы природы,— отмечал А. Эйнштейн,— должны быть выражены через уравнения, справедливые во всех координатных системах, т. е. эти уравнения должны быть ковариантными относительно любых подстановок (общековариантными)»⁴³.

Но такая постановка проблемы потребовала выяснения существа понятий «координатная система» и «система отсчета». Для инерциальных систем эти понятия равнозначны, поскольку всякая система отсчета представляется системой координат, имеющих вполне определенный геометрический смысл — числовых мер пространственно-временных соотношений. Обобщение принципа относительности на любые системы отсчета потребовало введения криволинейных координат и групп непрерывных дифференцируемых произвольных преобразований, а вместе с этим и всего математического аппарата тензорного исчисления. Наиболее употребительным стал четырехмерный формализм римановой геометрии, применение которого для математического выражения вышеотмеченного обобщения составило содержание принципа общей ковариантности.

Но логико-математическое расширение содержания принципа относительности привело к важной гносеологической альтернативе, обусловленной характером той или иной «объективизации» теоретических представлений. В самом деле, если считать возможным сохранение равнозначности (тождественности) системы отсчета и системы координат, как это имеет место в классической механике, то оно означало бы, что метрика реального пространственно-временного континуума является неэвклидовой, и его структура описывается римановой геометрией. В случае неоднородного пространства ковариантность уравнений действительно позволяет описывать движение тел, не предпрещая выбор системы отсчета. Но тогда последняя утрачивает свой физический смысл как совокупность определенных условий движения материальных тел и сохраняется лишь как формально-математическая квантификация (арифметизация) пространственно-временных точек. Ведь риманова геометрия по своему существу принципиально исключает возможность физического соответ-

⁴³ Эйнштейн А. Собр. науч. трудов, т. 1, с. 459.

ствия каких-либо процессов, или физической конгруэнтности, лежащих в основе измерительных процедур, которые осуществляются в физически содержательных системах отсчета типа экспериментальных лабораторий. Следовательно, подход к принципу общей ковариантности как к физическому принципу приводит к тому, что понятие системы отсчета утрачивает физическую содержательность.

Но возможна и другая гносеологическая интерпретация, согласно которой общековариантный характер уравнений является следствием чисто математической процедуры перехода от одной координатной системы к другой⁴⁴. В этом случае равноправие любых систем координат есть требование одинаковой формы законов физических взаимодействий в разных координатных системах, а не в разных системах отсчета. Поэтому принцип общей ковариантности — это не выражение каких-либо свойств реального физического пространства, а лишь логико-математическое требование, лишенное физического содержания.

Что касается физической относительности, то она связана с системами отсчета, которые представляют собой нечто отличное от системы координат, ибо они должны рассматриваться по меньшей мере как физические лаборатории, в которых можно проводить определенные измерительные процедуры. Но это требует существования физической конгруэнтности или соответственных процессов (по В. А. Фоку), т. е. тождественности физических условий по крайней мере в двух системах отсчета. В этом отношении в механике физическая относительность связана с признанием абсолютно твердых тел и прямолинейного равномерного движения. В ОТО к этим условиям добавляется абсолютный характер скорости распространения света, и относительность выражается преобразованиями Лоренца, обобщающими преобразования Галилея.

В случае неоднородного пространства подобная физическая относительность является локальной, поэтому обобщение принципа относительности ведет к отрицанию какой-либо определенной пространственно-временной конгруэнтности. Пространство и время как всеобщие формы

⁴⁴ См.: Фок В. А. Теория пространства, времени и тяготения. М., 1955, с. 13.

бытия материальных тел оказываются неким многообразием с индифинитной метрикой, и о привилегированной системе можно говорить не в связи с той или иной физической природой исследуемых объектов, а только в связи с тем или иным характером экспериментально-измерительных действий, благодаря которым осуществляется изучение данных объектов. Только при этом возможно сопоставить, сравнить явления в одной системе отсчета с такими же явлениями в другой, т. е. возможно идентифицировать явления, что составляет существо физической адаптации (В. А. Фок), которая оказывается решающим условием применимости принципа относительности. Таким образом, физическая относительность связана с системами отсчета и, по выражению В. А. Фока, не может быть общей, а общая относительность не может быть физической⁴⁵.

Итак, кратко резюмируя вышесказанное, отметим, что «расширение» принципа относительности может быть осуществлено двояко: 1) путем отождествления системы отсчета с координатной системой, что ведет к риманову характеру пространственной метрики, исключающей возможность физического измерения как одновременного сопоставления разноместных пространственных точек, 2) путем проведения различия между системой отсчета и координатной системой, связывая тем самым физическую относительность с существованием соответствующих процессов и рассматривая общековариантность как логико-математическое требование, лишенное физического содержания.

Другим важным принципом ОТО является экспериментально установленный закон равенства тяготеющей и инерциальной массы, доведенный до своего предельно широкого логического обобщения. Заметим, что в рамках ОТО этот закон рассматривается как абсолютно точный, несмотря на то что степень его выполнения ограничена точностью проводимых измерений, ибо он составляет ядро принципа эквивалентности, связанного с физическим истолкованием и интерпретацией этого закона.

Согласно одной точке зрения на принцип эквивалентности действие гравитационного поля на движущееся тело не отличимо от его ускоренного движения в некоторой

⁴⁵ Фок В. А. Физические принципы теории тяготения Эйнштейна. — В кн.: Пространство и время в современной физике. М., 1968, с. 22.

инерциальной системе отсчета. И обратно, всякое ускоренное движение материального тела можно представить эквивалентным ему действием некоторого гравитационного поля. «В гравитационном поле,— писал А. Эйнштейн,— тела ведут себя так же, как и в его отсутствии, если в последнем случае в качестве системы отсчета используется равномерно ускоренная система координат (а не инерциальная система)»⁴⁶. Таким образом, гравитационное поле может быть описано путем анализа ускоренного движения в некоторой инерциальной системе отсчета.

Но здесь следует отметить следующее. Поле сил инерции приобретает определенный смысл некоторого геометрического представления только при условии задания системы отсчета, относительно которой и рассматривается ускорение движущегося тела. Вне системы отсчета поле инерциальных сил утрачивает свою физическую содержательность. Что же касается гравитационного поля, то оно как физическая реальность существует независимо от того, выделяется ли какая-нибудь система отсчета для его описания или нет. Поэтому при заданной системе отсчета всегда можно представить гравитационное поле эквивалентным полю инерциальных сил. Но заданное гравитационное поле не может быть, вообще говоря, представлено эквивалентным полем инерции. Это представление может быть сделано лишь в локальной области, точнее, в бесконечно малой окрестности. «Мы не можем получить любое гравитационное поле,— писал А. Эйнштейн,— посредством простого ускорения одной галилеевой системы координат относительно другой, поскольку таким путем возможно получить поля только определенной структуры, которые, однако, должны подчиняться тем же законам, что и все другие гравитационные поля»⁴⁷.

Таким образом, в пределах малой, точнее, бесконечно малой, области пространства-времени гравитационное поле создается или уничтожается, усиливается или уменьшается и даже может быть сведено к нулю, в то же время существуя объективно, но не как чувственно данное. Поэтому теряет смысл различие между инерциальным движением тела и его движением в гравитационном поле,

⁴⁶ Эйнштейн А. Собр. науч. трудов. Т. 2. М., 1966, с. 66.

⁴⁷ Эйнштейн А. Собр. науч. трудов, т. 1, с. 506.

поскольку путем перехода к ускоренной системе отсчета можно превратить равномерное движение в ускоренное, обусловленное гравитационным взаимодействием.

Инерциальное движение приобретает более общий смысл — им оказывается любое движение под действием масс, создающих гравитационное поле. Здесь принцип эквивалентности играет фундаментальную роль в построении теории гравитации, так как благодаря ему «метрическое поле и гравитационное поле — различные аспекты одной и той же сути; оба представляются десятью величинами g_{ik} »⁴⁸.

Другая точка зрения в понимании закона равенства инерциальной и гравитационной масс и связанного с ним принципа эквивалентности основана на признании единства тяготения и пространственно-временной метрики, поскольку компоненты метрического тензора g_{ik} одновременно являются и гравитационными потенциалами. Но так как метрические свойства обусловлены физическими процессами, протекающими в пространстве-времени, то и тяготение оказывается связанным с характером движения и распределения масс в пространстве. С такой точки зрения, как отмечал В. А. Фок, первой и основной идеей ОТО является идея «хронометрии, то есть объединение пространства и времени в единое четырехмерное многообразие с индифинитной метрикой (эта идея была осуществлена уже в теории относительности 1905 года). Вторая основная идея есть идея единства метрики и тяготения»⁴⁹. Именно закон равенства инерциальной и гравитационной масс является основополагающим в теории гравитации. А принцип эквивалентности лишь позволяет рассматривать гравитацию как локальную неоднородность в бесконечном эвклидовом пространстве-времени и имеет скорее историко-эвристическое значение, чем удовлетворительное логическое основание для построения теории тяготения.

Таким образом, гносеологическая оценка основных принципов ОТО раскрывает альтернативный характер форм интерпретаций каждого из них. Но вместе с тем, эта альтернативность дает основание для рассмотрения

⁴⁸ Борн М. Эйнштейновская теория относительности. М., 1972, с. 303.

⁴⁹ Фок В. А. Физические принципы теории тяготения Эйнштейна. — В кн.: Пространство и время в современной физике, с. 24.

различных возможных сочетаний отмеченных форм. Рассмотрим эти сочетания.

1. Принцип относительности рассматривается как принцип общей ковариантности, имеющей не только формально-математический, но и физический смысл. Это означает, что реальное пространство-время обладает неэвклидовым характером метрики, т. е. описывается римановой геометрией. Тогда согласно принципу эквивалентности гравитационное поле есть не что иное, как проявление метрических свойств пространства-времени. Следовательно, оно оказывается бесконечной физической субстанцией, определяющей взаимодействия материальных тел. В этом случае обобщение классической теории возможно на пути построения целостной логически непротиворечивой общей картины мирового взаимодействия, включающей в себя ряд положений мировоззренческого характера.

Так, в частности, устранение представления об абсолютном пространстве-времени в ОТО осуществляется путем признания положения, согласно которому существование любого материального объекта обусловлено его взаимодействием в принципе с бесконечным множеством других тел-объектов. Инерциальное движение оказывается в этом случае результатом суммарного воздействия множества тел, удаленных от данного, а законы взаимодействия содержат в себе лишь относительные положения и перемещения тел. И так как гравитационное поле бесконечно, то универсальное взаимодействие материальных тел осуществляется посредством гравитационного взаимодействия, которое полностью определяет и метрические характеристики пространства-времени.

К подобной картине мирового взаимодействия приводит также и понимание принципа относительности как физически содержательного принципа общей ковариантности, а принципа эквивалентности как единства гравитации и метрики. Такой геометрический подход, как видно, предполагает построение целостной картины взаимодействия материальных тел, связанной с отказом от эвклидовой геометрии пространственной метрики и установлением более общей метрики римановой геометрии.

Следовательно, при указанном подходе исходным пунктом выступают общие свойства пространства и времени, а также принципы, из которых следуют математически сформулированные критерии, имеющие всеобщую приме-

нимость. Этот подход, по замечанию А. Эйнштейна, отличает логическое совершенство и надежность исходных положений. Здесь вещественные образования выступают как сингулярности, и о системах отсчета не делается никаких предположений. Но логическая строгость и последовательность подобной картины физического взаимодействия покупается дорогой ценой — ценой отказа от возможности провести измерительные процедуры в пространственно-временном континууме.

2. Отмеченная односторонность физического содержания ОТО, изложенная логико-семантическими средствами, может быть «устранена» иным подходом к пониманию основных принципов теории, исходя из другой альтернативной их трактовки.

Прежде всего в ходе обобщения принцип относительности сохраняет физическую относительность как существование соответственных процессов в двух и более системах отсчета, а принцип общей ковариантности рассматривается как простое формально-математическое обобщение. В этом случае физическая относительность оказывается той основой, которая определяет измерительные процедуры и эталоны, имеющие смысл лишь по отношению к определенным системам отсчета, поскольку измерение базируется на допущении обязательной неизменности того или иного эталона, посредством которого дается количественная оценка исследуемых явлений. В этом отношении, как отмечал А. Эйнштейн, «распространение света в пустоте, благодаря исследованиям Максвелла и Лоренца, подходит для этой цели в гораздо большей степени, чем любой другой процесс, который мог бы стать объектом рассмотрения»⁵⁰. Поэтому свойства света играют основную роль в установлении геометрии реального физического пространства. И определенность евклидовой геометрии оказывается опытным фактом, а не априорным геометрическим допущением.

Следовательно, для определения метрических свойств пространства-времени всегда необходим определенный базис, не только связанный с каким-либо природным процессом, но и представляющий собой нечто «выделенное» человеком из природы. Причем это нечто обязательно содержит в себе условия достаточно хорошо воспроизводимого процесса, служащего эталоном измерения. Та-

⁵⁰ Эйнштейн А. Собр. науч. трудов, т. 2, с. 24.

кая «привилегированная» система существует всегда, поскольку она обусловлена задачами и целями того или иного экспериментального исследования. Именно в такой системе, в частности, уравнение фронта световой волны может выявить геометрию пространства-времени. К тому же такая система отсчета должна обладать достаточно большой массой, в принципе бесконечно большой, чтобы реализация измерительных операций была бы однозначной и тем самым однозначно были бы заданы начальные условия.

Что касается гравитационного поля, то характер последнего всегда будет конечным в том смысле, что оно выступает лишь локальной неоднородностью в бесконечном плоском пространственно-временном континууме, неоднородностью, порождаемой гравитационными массами. И только в частном случае однородного гравитационного поля можно говорить о строгой неразличимости поля ускорения и гравитации для любого пространственно-временного объема. В общем же случае любые задачи в рамках гравитационной теории предполагают единственное интегральное представление о пространстве-времени в целом. Таким представлением, наиболее полно соответствующим данным астрономии и космологии, оказывается островное распределение гравитационных масс, приводящее к тому, что гравитационные поля становятся локальными неоднородностями в бесконечном галилеевом пространстве-времени.

И наконец, возможно сочетание принципа относительности в вышеотмеченной трактовке с пониманием принципа эквивалентности как единства метрики и гравитации. Нетрудно заметить, что эта возможность принципиально не отличается от предыдущей, разве только более геометризированным характером измерительного представления. Наиболее полно, на наш взгляд, гносеологические особенности этой интерпретации основных принципов ОТО находят свое выражение в двуметрическом формализме, или биметрической теории гравитации.

Исходной предпосылкой этого формализма является положение о том, что всякая заданная система отсчета определяет в каждой точке пространства-времени два метрических тензора: риманов тензор g_{ik} и метрический тензор плоского пространства γ_{ik} . Последний предполагается известным, так как его компоненты характеризуют систему координат, соответствующую заданной систе-

ме отсчета. Сохраняя требование индифинитной метрики пространственно-временной определенности материальных тел, здесь вместе с тем выделяется плоское пространство как необходимое геометрическое условие процедуры измерения. Иначе говоря, измерение пространственно-временных параметров означает измерение проекций данного тела на плоское пространство, по которым можно определить, пользуясь, например, методами конформного отображения, его «действительные» пространственно-временные характеристики, выражаемые компонентами метрического тензора g_{ik} .

Итак, альтернатива гносеологической интерпретации основных принципов ОТО ведет к двум определяющим тенденциям в содержательной структуре этой теории. Одна тенденция связана с широким привлечением логико-семантических средств, с разработкой последовательной непротиворечивой картины геометрического обобщения классического основания. Другая — основана на расшифровке операционального характера основных понятий и принципов, отталкиваясь от тех или иных конкретных измерительных действий. Эти тенденции тесным образом связаны с дальнейшим развитием ОТО. Первая необходимо ведет к разработке более общих принципов, из которых в качестве логических следствий выступали бы определенные положения не только теории гравитации, но и квантовой электродинамики, короче, к созданию единой теории поля⁵¹.

Построение такой теории путем обобщения ОТО выходит за рамки классических представлений и включает в себя теорию элементарных частиц, т. е. квантовые представления. Поэтому создание такой теории означало бы расширение квантово-релятивистских представлений на область гравитационных явлений. В этом случае объектами исследования становятся такие физические условия и процессы, при которых существенную роль играют и сильные гравитационные поля, и квантовые взаимодействия. Такими объектами могут быть, например, процессы сжатия больших гравитирующих масс, ведущие к неограниченному росту плотности вещества, или обратные им процессы. При построении такой теории, как отмечает А. Л. Зельманов, «основные уравнения последней, во всяком случае ее наиболее общие уравнения, естествен-

⁵¹ См. подробнее: Барашенков В. С. Существуют ли границы науки? М., 1982, с. 115 и др.

но, должны содержать три мировые постоянные K , $1/C$, \hbar ⁵². А это и означает, что основные уравнения обобщаемых теорий могут быть получены теоретическим путем в качестве частного или предельного случая из уравнений общей физической теории.

Вторая тенденция характеризуется стремлением дать более полную и четкую аксиоматику теории путем выявления существенно-операционального условия в интерпретации экспериментальных данных. В рамках ОТО такая тенденция связана, так сказать, с ее экстенсивным развитием в отличие от интенсивного развития теории как перехода к более общей. В этой связи разрабатываются и развиваются многообразные формы представления исходных принципов в виде, например, вышеотмеченного двуметрического формализма, тетрадной теории, скалярно-тензорной теории гравитации и т. п. В каждой из них так или иначе выделяется какое-либо условие, прямо или косвенно характеризующее измерительные действия и позволяющее сформулировать те или иные операционально-содержательные понятия (гармонические координаты, биметрическая характеристика пространства и т. п.).

Таким образом, своеобразие исторического развития познания на современном этапе приводит к альтернативе в методологической интерпретации физической теории, предполагающей гносеологическую редукцию ее основных принципов. В частности, подобная редукция общей теории относительности ведет к выявлению различных форм истолкования ее исходных положений. А это свидетельствует о существовании двух тенденций в развитии ОТО, тенденций взаимополагающих, но одновременно и исключающих друг друга. Эта противоречивость со всей очевидностью характеризует диалектическую природу не только объектов, изучаемых современной физикой, но и самого процесса познания.

Физика элементарных частиц, специфика ее понятий. Основные направления ее методологического обобщения

Физика элементарных частиц занимается систематикой микрочастиц, их строением, взаимодействиями и взаимопревращениями. Это бурно развивающаяся область со-

⁵² Зельманов А. Л. Многообразие материального мира и проблема бесконечности Вселенной.— В сб.: Бесконечность и Вселенная. М., 1969, с. 301.

временной физики имеет большое теоретическое, практическое и мировоззренческое значение. В незначительной по объему главе данной книги не возможно подробно рассмотреть все аспекты этого раздела современной физики. Поэтому мы кратко остановимся на основных физических посылах и гносеологических выводах и обобщениях, следующих из этой области знания.

Все элементарные частицы можно разделить на адроны и лептоны.

К группе адронов относятся различные барионы и мезоны (протоны, нейтроны и гипероны), а также соответствующие им античастицы. Сюда же относятся различные резонансы — барионные и мезонные, представляющие собой состояния короткоживущих адронов — время их жизни порядка 10^{-22} — 10^{-24} с.

К группе лептонов относятся электрон, позитрон, мюоны обоих знаков заряда, три типа нейтрино — электронные, мюонные и тау-нейтрино, а также соответствующие им антинейтрино.

Следует также сказать и о фотонах — квантах электромагнитного поля.

В настоящее время насчитывается более 350 элементарных частиц и античастиц, причем большая часть их, в том числе все антиадроны и так называемые странные частицы, а также резонансы, были «созданы» с помощью мощных ускорителей заряженных частиц — главного экспериментального орудия физики микромира⁵³. Открытие новых частиц — одно из свидетельств неисчерпаемости объектов материального мира, существования новых видов материи, ранее неизвестных и получивших название субъядерной материи, процессы взаимопревращаемости элементов которой являются одним из величайших достижений науки.

Исследование внутреннего строения, свойств и взаимодействий элементарных частиц сопровождалось радикальным пересмотром многих устоявшихся понятий и представлений. В этом отношении теория относительности и квантовая механика заложили лишь основы для описания явлений микромира. Более того, достижения в физике частиц высокой энергии, быстрый прогресс в этой области науки не привели к «исчерпанию» объектов

⁵³ См.: Арутюнян И. Н. Ускорители нового поколения и их задачи. — Природа, 1981, № 12, с. 37.

исследования. Происхождение многих свойств и особенностей элементарных частиц, как и природа их взаимодействия, в значительной мере еще и сейчас остается неясным. Напомним, каковы же основные свойства частиц и их взаимодействий.

Прежде всего все частицы являются объектами исключительно малых масс и размеров с точки зрения привычных для нас масштабов. У большинства из них масса имеет порядок величины массы протона, равной $1,6 \cdot 10^{-24}$ г. Заметно меньше лишь масса электрона — $9 \cdot 10^{-28}$ г. Определенные из опыта размеры протона, нейтрона, π -мезона и других частиц составляют величину порядка 10^{-13} см. О размерах электрона и μ -мезона известно лишь, что они меньше 10^{-15} см. Наиболее важным свойством частиц является их возможность взаимно превращаться при взаимодействии друг с другом, что проявляется через поглощение и испускание квантов соответствующих полей. Эти процессы заметно отличаются по интенсивности своего протекания и в соответствии с этим делятся на сильные, электромагнитные, слабые и гравитационные.

Сильное взаимодействие (о нем сейчас более ясное представление) имеет наибольшую по сравнению с другими взаимодействиями интенсивность. Два десятилетия назад считали, что оно определяет связь протонов и нейтронов в ядрах атомов (путем обмена виртуальными π -мезонами) и обеспечивает исключительную прочность этих образований. Однако и сегодня достаточно точную теорию ядерных взаимодействий ученым создать еще не удалось.

Электромагнитное взаимодействие определяет движение заряженных тел. Оно обуславливает связь атомных электронов с ядрами, связь атомов в молекулах, взаимодействие заряженных частиц вещества с электромагнитными полями.

Слабое взаимодействие характеризует процессы распада тяжелых микрообъектов на более легкие.

Оказалось, что слабые взаимодействия носят универсальный характер, в них участвуют все частицы. Время жизни большинства таких частиц лежит в диапазоне $10^{-8} — 10^{-10}$ с, тогда как типичное время сильных взаимодействий составляет $10^{-23} — 10^{-24}$ с.

Гравитационное взаимодействие, столь хорошо извест-

ное своими макроскопическими проявлениями, в случае элементарных частиц дает чрезвычайно малые эффекты из-за малой величины их масс. Однако эти эффекты значительно возрастают на расстояниях порядка 10^{-33} см, поскольку значительно увеличивается масса порождаемых частиц. По современным представлениям, это взаимодействие играет доминирующую роль в мегамире.

Каждому из этих взаимодействий присуща своя безразмерная постоянная. Сопоставление указанных четырех взаимодействий по безразмерным параметрам, связанным с квадратами соответствующих констант взаимодействий, дает для сильного, электромагнитного, слабого и гравитационного следующее отношение: $1:10^{-2}:10^{-10}:10^{-38}$.

Каждая частица наряду со спецификой присущих ей взаимодействий описывается рядом физических величин — квантовыми числами. Общими характеристиками являются масса m , время жизни τ , спин I и электрический заряд Q .

В зависимости от времени жизни частицы делятся на стабильные, квазистабильные и нестабильные (резонансы). Стабильными в пределах точности современных измерений являются электрон $\tau > 5 \cdot 10^{21}$ лет, протон $\tau > 10^{30}$ лет, а также фотон и нейтрино. К квазистабильным относятся частицы, которые распадаются в электромагнитных и слабых взаимодействиях. Их время жизни порядка 10^{-20} с. Резонансами называются частицы, распадающиеся при сильном взаимодействии и характеризующиеся временем жизни $10^{-23}—10^{-24}$ с⁵⁴.

Специфической характеристикой микрочастиц является спин — собственный момент количества движения, имеющий квантовую природу.

Спин элементарных частиц является целым или полуцелым кратным числом величине \hbar . Он определяет поведение одинаковых (тождественных) частиц, т. е. их статистику. Частицы с полуцелым спином подчиняются статистике Ферми—Дирака (фермионы), а частицы с целым спином — статистике Бозе—Эйнштейна (бозоны). Статистические свойства частиц существенны в тех

⁵⁴ См., например: Розенталь И. Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. М., 1984; Джорджи Х. Единая теория элементарных частиц и сил.— Успехи физических наук, т. 136, вып. 2, 1982, с. 287.

случаях, когда при рождении или распаде образуется несколько одинаковых частиц.

Электрические заряды являются целыми кратными от величины заряда электрона, равного $1,6 \cdot 10^{-19}$ кулона и называемого элементарным электрическим зарядом.

Помимо указанных величин, частицы характеризуются еще рядом квантовых чисел, которые называются внутренними. Так, лептоны несут специфический лептонный заряд L , который для адронов равен нулю, но, в свою очередь, адроны обладают барионным зарядом B , который для лептонов равен нулю.

Адроны характеризуются и особыми квантовыми числами: странность S и очарование C , которые связаны с другим квантовым числом — гиперзарядом. Но этим не исчерпывается характеристика адронов. Так, среди них оказываются частицы со сходными свойствами в сильных взаимодействиях, но с различными значениями электрического заряда. Общность таких частиц выражается одинаковым значением квантового числа — изотопического спина I , а семейства таких частиц называются изотопическими мультиплетами.

Важной характеристикой адронов является также внутренняя четность P , связанная с операцией пространственной инверсии и принимающая значения ± 1 .

Для всех частиц с ненулевыми значениями квантовых чисел существуют античастицы — частицы с противоположными знаками соответствующих квантовых чисел. Частицы, не имеющие античастиц, называются истинно нейтральными. Примерами таких частиц являются фотон и нейтральный пи-мезон.

Одни квантовые числа сохраняются во всех процессах, другие — только в некоторых. Так, например, изотопический спин не сохраняется в электромагнитных и слабых взаимодействиях, странность и очарование сохраняются в сильных и электромагнитных, но не сохраняются в слабых взаимодействиях.

Основную часть элементарных частиц составляют адроны. В 60-х и 70-х годах увеличение числа частиц происходило почти исключительно за счет расширения этой группы, представленной в большинстве своем резонансами.

Нельзя не отметить, что эта далеко не исчерпывающая характеристика элементарных частиц получена в результате высокого совершенства измерительной техни-

ки. Зачастую требовалась исключительная изобретательность в решении многих конструктивно-технических задач при создании широкого многообразия средств исследования для определения и измерения тех или иных физических параметров. Однако в своей основе это многообразие сводится к фиксации результатов взаимодействия частиц с веществом при помощи специальных устройств — детекторов излучения с применением электронно-счетных машин. Любой вид микровзаимодействия так или иначе приводит к ионизации и возбуждению атомов вещества. Заряженные частицы, получаемые с помощью ускорителей, вызывают эти процессы непосредственно через фотоэффект, рождение пар, эффекты Комптона, Черенкова и т. п. Нейтральные частицы — опосредованно через рассеивание и расщепление ядер, вследствие чего возникают вторичные эффекты, которые и фиксируются регистрирующим устройством. В качестве последних выступают разнообразные ионизационные камеры, счетчики Гейгера—Мюллера, искровые и полупроводниковые детекторы, камеры Вильсона, сцинтилляционные счетчики, счетчики Черенкова, диффузионные и пузырьковые камеры и др. Этот мощный арсенал технических средств обеспечивает эффективность и высокую точность проводимых измерений.

Так, для измерения энергии частиц используется их отклонение в электрических и магнитных полях. Это отклонение зависит от величины заряда, массы и скорости. Знание любых двух из этих величин позволяет определить третью. Этот метод успешно применяется при исследовании состава частиц в космических лучах или мощных ускорителях. Точность определения энергии в значительной мере зависит от точности определения величины заряда, который, как отмечалось, кратен заряду электрона. Поэтому повышение точности определения величины заряда электрона — проблема, имеющая исключительное значение для всей современной физики.

Не менее эффективным оказывается и другой способ определения энергии частиц: по амплитуде электрического импульса, возникающего в ионизационной камере при попадании в нее заряженной частицы. Этот способ применяется при измерении энергии неизвестных частиц с помощью эталонных, энергия которых известна. При наличии достаточно «хороших» и «чистых» эталонов

получается высокая точность измерения с погрешностью, составляющей порядок 0,5—1 %.

Тот факт, что начальная энергия предопределяет длину пробега частицы, позволяет осуществить измерение энергии с помощью камеры Вильсона или пластинки с фотоэмульсией. Как и в предыдущем случае, используются относительные измерения. С этой целью проводится «градуировка» регистрирующего устройства путем построения зависимости пробега от начальной энергии. И так как эта зависимость различна для разных видов частиц, то такой способ применим тогда, когда заранее известна природа частиц.

Измерение энергии осуществляется и с помощью калориметрических устройств, позволяющих к тому же определить и полную энергию распада. Этот метод основан на том, что в момент распада потенциальная энергия ядер превращается в кинетическую энергию составляющих частиц, которая, в свою очередь, переходит в энергию возбужденных и ионизированных атомов, испускающих световые кванты. Последние поглощаются веществом, в результате чего оно нагревается. Этот способ наиболее эффективен при измерении энергий нейтральных частиц.

Мы лишены возможности рассмотреть все основные экспериментальные средства и способы, используемые в современной физике элементарных частиц, и, отсылая читателя к соответствующей литературе, упомянем только об измерении их электрического заряда⁵⁵. Заряд является одной из наиболее существенных характеристик, определяющих вид частицы. Поэтому получение точного значения величины заряда весьма актуально как при изучении новых частиц, так и при уточнении значений уже известных. Еще на заре ядерной физики благодаря работам Резерфорда, Милликена, Морли и Дж. Томсона были достаточно надежно определены заряды электрона и протона. Впоследствии эти результаты стали отправным пунктом не только дальнейшего экспериментального, но и теоретического изучения многих других частиц.

В 60-х годах в связи с интенсивными измерениями величины заряда встал вопрос и об экспериментальном изучении его распределения в объеме атомного ядра или

⁵⁵ См.: Ахиезер А. И., Рекало М. П. Биография элементарных частиц. Киев, 1979; Новожилов Ю. В. Элементарные частицы. М., 1974; Спроул Р. Современная физика. М., 1974; Соди и Ф. История атомной энергии. М., 1979 и др.

элементарной частицы, что в значительной мере стимулировало и изучение структуры ядер и частиц.

Одной из основных характеристик, определяющих также картину того или иного процесса, является длительность взаимодействия частиц. Знание времени существования частиц или распада атомных ядер дает существенные сведения о свойствах ядерных сил, механике ядерных реакций. Более того, временная характеристика имеет и большое практическое значение. Сколько времени просуществует тот или иной радиоактивный препарат? Как долго уменьшается радиоактивность детали, извлеченной из реактора, до безопасного уровня? И т. д. В этом отношении важным становится определение периода полураспада, т. е. времени, в течение которого число первоначальных ядер заданного вещества уменьшается в 2 раза.

Наиболее простыми являются измерения полураспада таких элементов, которые «живут» от нескольких минут до нескольких дней. Значительно сложнее определять период полураспада таких элементов, как, скажем, уран, в масштабе «жизни» которого и век оказывается мгновением. Его период полураспада равен $4,5 \cdot 10^9$ лет. В этом случае используются косвенные измерения с применением различных математических приемов.

Если же период полураспада составляет тысячные, а то и миллионные доли секунды, то его измерение осуществляется одновременно с получением самого элемента. В таком измерении широко используются электронные схемы и разнообразные временные анализаторы. Так был, в частности, измерен период полураспада мю-мезона, равный $1,5 \cdot 10^{-6}$ с. Обычно время существования частиц характеризуется не периодом полураспада, а средним временем жизни τ . Между этими величинами существует соотношение $T = 0,693 \tau$. Например, среднее время жизни мюона составляет $2,15 \cdot 10^{-6}$ с.

Наименьшее время, непосредственно измеренное экспериментально,— это время жизни пи-мезонов $2,53 \cdot 10^{-8}$ с. При более коротких временных промежутках порядка 10^{-11} с и меньше электронные приборы уже не срабатывают, и ученые пользуются иным, опосредованным путем измерения, в частности через значения начальной энергии и пройденного пути на фотопластинке. Так были установлены среднее время жизни лямбда-гиперонов, равное $2,5 \cdot 10^{-10}$ с, нейтральных пи-мезонов —

$0,76 \cdot 10^{-16}$ с и других частиц. Но и это не самое короткое время, с которым приходится иметь дело в исследовании свойств элементарных частиц и атомных ядер. Ни одна ядерная реакция, ни распад частиц не могут произойти за время более короткое, чем время взаимодействия нейтрона с нейтроном или с протоном. Это время можно оценить, учитывая, что ядерные силы действуют на расстояниях около $1,5 \cdot 10^{-13}$ см. Тогда получается величина порядка 10^{-23} с. Экспериментальные данные дают величину несколько большую — 10^{-22} с, которая называется характерным ядерным временем.

Важной особенностью квантоворелятивистского эксперимента является то, что измерения в нем основаны на фиксируемых рассеяниях частиц после взаимодействия. Отсюда общей характеристикой измерений выступает так называемое эффективное сечение и связанное с ним теоретическое понятие S -матрицы.

Эффективное сечение определяет вероятность перехода системы двух и более частиц в результате их рассеяния в определенные конечные состояния и имеет размерность площади. Различным типам переходов, наблюдаемых при столкновении частиц, соответствуют разные сечения. Так, упругое рассеяние характеризуется дифференциальным и полным сечениями. Неупругое рассеяние определяется сечением, которое складывается из сечений упругих и неупругих реакций. Для множественных процессов важное значение имеют инклюзивные сечения, которые определяют вероятности появления в данном столкновении каких-либо групп частиц. Если же взаимодействия между частицами велики, то их сечения совпадают с геометрическим сечением данной системы.

Эффективное сечение теоретически выражается совокупностью величин, получивших название S -матрицы, введенной В. Гейзенбергом в 1943 г. Если обозначить набор квантовых чисел, характеризующих начальное состояние, через i , а конечное — через f , то амплитуда, квадрат модуля которой определяет вероятность данного перехода, может быть записана как S_{if} . Совокупность амплитуд процессов образует матрицу рассеяния S . Наборы квантовых чисел i и f могут содержать как непрерывные величины (энергия, угол рассеяния и др.), так и дискретные (спин, заряд, изотопический спин и др.). Квадрат модуля матричного элемента $(S_{if})^2$ определяет

вероятность соответствующего процесса, т. е. его эффективное сечение.

Нахождение S -матрицы — основная задача квантовой теории поля, поскольку она содержит всю информацию о поведении системы взаимодействующих частиц. Важнейшим ее свойством является унитарность, отражающая тот факт, что сумма вероятностей рассеяния по всем возможным каналам данного взаимодействия должна равняться единице. Существует даже направление, считающее, что требования унитарности и аналитичности элементов матрицы рассеяния являются основой для построения полной системы динамических уравнений.

Но вместе с этим рост числа адронов в начале 50-х годов определил и другое направление для поисков закономерностей в распределении масс и квантовых чисел. Выделение изотопических мультиплетов позволило с математической точки зрения выявить наличие группы симметрии, связанной с группой унитарных преобразований в комплексном двумерном пространстве $SU(2)$. Вообще говоря, точка зрения на то, что симметрия выступает фактором, определяющим существование различных семейств элементарных частиц, в современной теории является одной из доминирующих. Считается, что внутренние квантовые числа, выделяющие те или иные виды частиц, связаны со специальными типами симметрий, возникающих в ходе преобразований «внутренних пространств».

С этой точки зрения обычные и странные адроны в совокупности образуют более широкое объединение частиц с близкими свойствами, так называемые супермультиплеты. Последние оказываются проявлением более общей группы симметрии, а именно $SU(3)$ — группы унитарных преобразований в трехмерном комплексном пространстве.

Включение в систематику и «очарованных» частиц позволило определить сверхсупермультиплеты как проявление более широкой группы симметрии, связанной с унитарной группой $SU(4)$.

Субъядерная материя подвержена сильному взаимодействию, которое обладает унитарной симметрией. Атом водорода подчиняется электрическому взаимодействию, которое обладает шаровой симметрией. Поэтому мы можем провести аналогию между унитарной симметрией и шаровой симметрией. Это значит, что квантовые числа,

характеризующие адронные состояния в рамках определенного унитарного мультиплета (т. е. изотопический спин, его проекция и гиперзаряд), аналогичны магнитному квантовому числу в рамках определенного атомного мультиплета, соответствующего некоторому представлению группы вращений.

С другой стороны, энергия атома благодаря вырождению, вызываемому шаровой симметрией электрического взаимодействия, не зависит от магнитного квантового числа. Поэтому естественно, что энергия адронного состояния не зависит от трех квантовых чисел — изотопического спина, его проекции и гиперзаряда, играющих для адронных состояний такую же роль, как магнитное квантовое число для атомных состояний.

Иными словами, если бы существовала только унитарная симметрия, то субъядерная материя была бы слишком симметричной и компоненты одного и того же унитарного мультиплета не различались бы по своей массе.

Следовательно, чтобы получить различие в массах отдельных компонентов унитарного мультиплета, нужно нарушить, расстроить унитарную симметрию, т. е. внести асимметрию.

Мы уже в ряде публикаций⁵⁶ обращали внимание на наличие в объективной действительности диалектически взаимосвязанных тенденций симметрии и асимметрии, которые все более полно находят отражение в современной физике.

Как же ввести асимметрию в теорию «элементарных» частиц? В случае атома для этого достаточно было включить в рассмотрение внешнее магнитное поле. В случае же адронов достаточно предположить, что сильное взаимодействие неоднородно, т. е. что наряду с особенно сильным (или просто сильным) имеется еще умеренно сильное (или полусильное) взаимодействие, которое является менее симметричным и менее интенсивным, чем сильное воздействие. Иными словами, унитарную симметрию следует считать принадлежностью только особенно сильного взаимодействия. Умеренно сильное взаимодействие выступает в роли возмущения, аналогичного роли магнитного поля, накладываемого на атом, и оно

⁵⁶ См.: Готт В. С. Философские вопросы современной физики и др.

не должно обладать унитарной симметрией. Единственная роль этого возмущения — снять вырождение, вызываемое сильным взаимодействием (по изотопическому спину и гиперзаряду).

Мы здесь встречаемся с одним из проявлений эвристической роли диалектики симметрии и асимметрии в строе мышления современных физиков.

Делая разумные предположения о свойствах симметрии умеренно сильного взаимодействия, можно получить формулы для масс различных адронов, входящих в один и тот же унитарный мультиплет, и установить зависимость этих масс от изотопического спина и странности.

Такие формулы (полученные впервые Гелл-Манном и Окуба) находятся в удивительном согласии с опытом. Более того, основываясь на них, было предсказано существование новой «элементарной» частицы и значение ее массы. Такая частица была экспериментально открыта (ее называли Ω -гипероном).

Наконец, развитие идеи об унитарной симметрии позволило разъяснить многие электромагнитные свойства адронов и, в частности, получить отношение магнитных моментов нейтрона и протона.

Можно сказать, что учение о симметриях, впервые возникшее в физике для описания свойств кристаллов, получило новое замечательное развитие в унитарной симметрии субъядерной материи.

Несмотря, однако, на все удивительные результаты, полученные на основе идеи об унитарной симметрии, на таком пути, естественно, нельзя построить полную теорию сильного взаимодействия, так же как недостаточно одних лишь представлений группы вращений, чтобы без уравнения Шредингера дать теорию атома.

Но существует ли динамическое уравнение, играющее роль уравнения Шредингера, для адронов?

Такого уравнения, а правильнее сказать, динамической теории адронов нет. Этот факт кажется на первый взгляд непонятным, ибо существует же квантовая электродинамика, и не ясно, чем электроны и фотоны лучше адронов.

Естественно возникает вопрос: почему нельзя построить теорию сильного взаимодействия по образу и подобию квантовой электродинамики? Ведь соотношение между корпускулярными и волновыми свойствами

микрообъектов, изучаемых физикой, носит универсальный характер.

Ответ на этот вопрос может быть дан лишь после создания физической теории, которая смогла бы охватить все фундаментальные взаимодействия, т. е. сильное, слабое, электромагнитное и гравитационное. Однако и при построении частной теории сильного взаимодействия по образу квантовой электродинамики возникают серьезные трудности, обусловленные высокой интенсивностью сильных взаимодействий, так как величина, играющая в теории сильных взаимодействий роль, аналогичную постоянной тонкой структуры в электромагнитном взаимодействии,— константа связи сильного взаимодействия, превышает постоянную тонкой структуры $1/137$ более чем в 100 раз.

Здесь удается найти только приближенное решение уравнений квантовой электродинамики в рамках теории возмущений. Возможность применения последней связана с тем, что интенсивность электромагнитного взаимодействия невелика. Она характеризуется вышеотмеченной постоянной тонкой структуры $\alpha = e^2/\hbar C$, где e — заряд электрона, \hbar — постоянная Планка, C — скорость света в вакууме. Поэтому решения уравнений квантовой электродинамики, как и матрицу рассеяния, можно определять в виде бесконечных рядов по степеням постоянной тонкой структуры.

Однако высшие приближения теории возмущений содержат расходящиеся выражения, смысл которых был понят не сразу. Поэтому в начале развития квантовой электродинамики электромагнитные процессы исследовались в первом приближении теории возмущений, которое не дает расходимостей.

Новый этап в развитии квантовой электродинамики, который можно с полным правом назвать ее вторым рождением, начался в 50-х годах нашего столетия, когда были уяснены причины расходимостей и установлены методы их устранения (это было сделано Бете, Паули, Швингером, Томонага, Фейнманом, Дайсоном и др.). Этому предшествовало развитие методов описания систем с неопределенным числом частиц (метод пространства Фока и его же метод функционалов), а также решение проблемы релятивистской инвариантности, так называемый многовременный формализм Фока, Дирака и Подольского.

Чтобы понять особенности квантовой электродинамики, следует иметь в виду, что квантованные поля обладают определенными физическими свойствами даже и в том случае, когда нет частиц, связанных с этими полями, их энергия характеризуется наименьшим значением. В этом случае говорят, что поле находится в состоянии вакуума. Это отнюдь не пустота, а особая физическая реальность, о свойствах которой свидетельствует ряд явлений.

В частности, любой внешний заряд поляризует вакуум. В силу этого каждый электрон, образно выражаясь, покрывается поляризационной электронно-позитронной «шубой», которая воспринимается внешним наблюдателем как эффективное уменьшение заряда электрона. Иными словами, если e_0 — заряд «голого» электрона, находящегося в «шубе», то наблюдаемый заряд электрона будет равен: $e = e_0 + \Delta e$, где Δe — изменение заряда под влиянием поляризации вакуума.

Но этим не исчерпывается взаимодействие электрона с вакуумом. Электрон постоянно испускает и поглощает фотоны, что приводит к изменению его энергии и, следовательно, массы. Изменение массы электрона, обусловленное его взаимодействием с вакуумом, называется электромагнитной массой электрона. Если m_0 — масса «голого» электрона, т. е. гипотетического электрона, не взаимодействующего с вакуумом, то наблюдаемая масса реального электрона будет: $m = m_0 + \Delta m$, где Δm — электромагнитная масса электрона. Поэтому важнейшей задачей становится задача определения Δe и Δm . Но в ее решении имеет место принципиальная трудность, которая заключается в том, что, строго следуя теоретическим выкладкам для Δe и Δm , получаются выражения, имеющие вид расходящихся интегралов.

Последнее обстоятельство означает, что квантовая электродинамика не может быть ограничена только уравнениями для квантованных полей, в частности уравнениями Максвелла и Дирака. Она нуждается еще и в определенной процедуре регуляции, т. е. устранении бесконечностей из математических выражений величин, имеющих непосредственный физический смысл. Такая процедура основана на простой идее перенормировки, согласно которой величины $e_0 + \Delta e$ и $m_0 + \Delta m$ должны отождествляться с измеряемыми конечными значениями заряда и массы электрона.

Сложившаяся ситуация примечательна в том отношении, что она ярко свидетельствует, с одной стороны, об историчности достигнутого уровня познания действительности, с другой — ограниченное знание содержит в себе непреходящие моменты, с помощью которых осуществляется движение от неполного ко все более полному отражению действительности в законах науки.

Подчеркнем еще раз, что идея перенормировки, не содержащаяся в исходных уравнениях квантовой электродинамики, вместе с тем является одной из составных ее частей. Эта идея оказалась на редкость плодотворной, ибо позволила предсказать целый ряд явлений, таких как: существование аномального магнитного момента электрона, радиационное смещение атомных уровней, различные нелинейные электродинамические эффекты. Эти явления представляют собой значительный интерес и с общепhilosophической точки зрения. В них исключительно ярко проявляется истинность известного диалектико-материалистического тезиса о неисчерпаемости электрона, о бесконечности и познаваемости природы, материального мира в целом.

Итак, на базе уравнений Максвелла для электромагнитного поля и уравнений Дирака для электронно-позитронного поля, а также идеи перенормировки была развита физическая теория, которая оказывается справедливой в исключительно широком интервале энергий частиц, а соответственно и в диапазоне расстояний, который охватывает субъядерные длины в 10^{-15} см и космические — 10^{10} см. Квантовая электродинамика с исключительной точностью предсказывает и объясняет самые различные процессы, происходящие в космосе и в мире молекул, атомов и электронов, ядер и в субъядерном мире.

Дело, однако, не ограничивается чисто математической ценностью этой теории для расчета, анализа и предсказания различных физических эффектов. Не меньшее значение имеет и сам метод построения квантовой электродинамики, в которой нет произвольных констант, необходимых для «подгонки» под существующие экспериментальные данные. Она строилась на основе логического синтеза фундаментальных физических идей и концепций, составляющих физическую картину мира, как проверенный практикой итог всего предыдущего этапа в развитии физической науки.

В квантовой электродинамике слились в единое органическое целое классическая электродинамика Максвелла, специальная теория относительности и квантовая механика. Поэтому она представляет собой важный этап в естественном и закономерном развитии этих трех великих физических теорий.

Удивительная красота логического построения квантовой электродинамики на основе самых общих фундаментальных физических представлений о веществе и поле, пространстве-времени и потрясающая мощь ее математических методов, естественно, привели к представлению о квантовой электродинамике как образце «последовательной и замкнутой» физической теории. Поэтому по образу и подобию квантовой электродинамики стали строиться и другие теории элементарных частиц.

На этом пути были достигнуты многие замечательные результаты, например, была доказана необходимость существования античастиц и была установлена связь между спином и статистикой частиц, а главное, был сделан большой и важный шаг в дальнейшей диалектизации физического мышления, которое обогатилось новыми представлениями и понятиями. Так, например, возникли и утвердились понятия поля для каждого сорта частиц и понятие вакуума для такого поля. Возник новый язык диаграмм Фейнмана, которые играют важную роль при описании сложных процессов рассеяния и взаимопревращения частиц.

Но хотя мы не знаем ни одного явления, которое противоречило бы квантовой электродинамике, тем не менее такие явления могут и, вероятно, должны существовать, так как квантовая электродинамика, строго говоря, не является внутренне замкнутой теорией. Дело в том, что при построении квантовой электродинамики и реализации идеи перенормировки приходится (для согласования выводов теории с экспериментом) вводить некоторый граничный импульс, очень большой, но конечный и предполагать, что изменения импульсов взаимодействующих частиц (электронов и фотонов) малы по сравнению с этим импульсом. В этом случае все физические результаты не зависят от величины граничного импульса.

Но по самой идее перенормировки этот импульс следует считать бесконечно большим. Однако если граничный импульс устремить к бесконечности, то физический заряд электрона обратится в нуль. Этот результат

(полученный Ландау и Померанчуком), очевидно, свидетельствует о не вполне адекватном отражении физической реальности квантовой электродинамикой.

Физический смысл данной ситуации состоит в том, что квантовая электродинамика непригодна в области очень больших импульсов (значительно больших произведений массы электрона на скорость света и на численный множитель порядка 10^{60} !).

С другой стороны, большим импульсам соответствуют малые расстояния. Поэтому можно сказать, что квантовая электродинамика не может быть справедливой в области малых расстояний (равных по порядку величины частному от деления постоянной Планка на градиентный импульс).

Это значит, что граничный импульс должен иметь глубокое физическое содержание, выражая существенное изменение свойств пространства-времени и характера взаимодействий, но в чем конкретно заключается это содержание, до сих пор не известно.

Играя важнейшую принципиальную роль, вопрос о граничном импульсе ныне не имеет, однако, сколько-нибудь серьезного практического значения для квантовой электродинамики. Это связано с тем, что квантовая электродинамика должна нарушаться при изменениях импульсов, значительно меньших граничного импульса, то есть задолго до наступления внутренней незамкнутости квантовой электродинамики.

Действительно, гораздо раньше нужно учитывать различные процессы, в которых участвуют частицы, отличающиеся от электрона и фотона, но эти новые частицы (их, так же как и электроны и фотоны, называют элементарными) и процессы с их участием не входят в схему квантовой электродинамики и не подчиняются ее законам.

Здесь проявляется другая сторона вопроса о границах применимости квантовой электродинамики, которая может быть в общем виде сформулирована как невозможность построения замкнутой физической теории ограниченного круга явлений без учета более широкого класса взаимосвязей и взаимодействий, существующих в природе.

Возникает вопрос: не на песке ли в таком случае строится здание квантовой электродинамики и как при этом можно говорить об ее успехах?

И тем не менее именно о триумфе квантовой электродинамики можно и должно говорить вследствие того, что регуляризованные ряды являются не расходящимися, а полусходящимися, или, как их называют, асимптотическими. Замечательное их свойство заключается в том, что если взять не весь ряд, а только сумму некоторого числа его первых слагаемых, то такая сумма может быть очень хорошим приближением к раскладываемой физической величине. Число слагаемых в этой сумме примерно равно обратной константе связи, что составляет в случае квантовой электродинамики около 100. Если взять большее число членов ряда, то сумма будет уже плохо репрезентовать раскладываемую величину и это представление будет тем хуже, чем большее число членов взято.

Сравним теперь квантовую электродинамику с гипотетической адронодинамикой, которая строится по образу и подобию квантовой электродинамики. Так как константа связи в адронодинамике порядка единицы (в отличие от электродинамики, где она порядка одной сотой), то ряды теории возмущений в адронодинамике должны очень плохо сходиться (если просто не расходиться). Закроем, однако, на это глаза, но учтем, что без перенормировки нам не обойтись не только в электродинамике, но и в адронодинамике. При этом мы снова получим асимптотические ряды, в которых имеет смысл учитывать только одно первое слагаемое (ведь константа связи в адронодинамике порядка единицы). Таким образом, теория возмущений с ее рядами не имеет (как правило) смысла в адронодинамике.

Однако заметим, что вообще использование только теории возмущений как практически единственного метода решения задач квантовой электродинамики свидетельствует лишь о недостаточном «внедрении» математики в физическую теорию.

В квантовой электродинамике граничный импульс очень велик (по сравнению с массой электрона, умноженной на скорость света), тогда как в адронодинамике он будет сравнительно мал — порядка массы адрона, умноженной на скорость света. Но при наличии граничного импульса теория хорошо описывает только те процессы, для которых изменения импульсов частиц, участвующих в процессах, малы по сравнению с граничным импульсом. Несмотря на такое ограничение, для квантовой электро-

динамики остается при этом огромная область применимости, тогда как у адродинамики, базирующейся на представлении о квантовых полях и гамильтониане взаимодействия, фактически нет области применимости.

Это не означает, конечно, что для описания ограниченного круга явлений, относящихся к сильному взаимодействию, не может быть построена теория, подобная квантовой электродинамике, но для широкого круга явлений такую теорию построить нельзя.

Можно сказать, что здесь замечательным образом проявляется переход количества в качество: увеличение константы связи должно приводить к коренному изменению теории.

Но если все дело в константе связи, а она так мала для слабого взаимодействия, то возникает надежда, что, наверное, частную теорию слабого взаимодействия совсем просто построить, снова отправляясь от квантовой электродинамики. Однако и это не так, потому что почти во всех эффектах, связанных со слабым взаимодействием, участвуют адроны, а это значит, что без построения теории сильного взаимодействия, строго говоря, не может быть построена и теория слабого взаимодействия.

И подобно тому как в начале века потребовался коренной пересмотр оснований классической физики, возможно, что и ныне необычность и сложность задач, стоящих перед теорией элементарных частиц, приведет, в свою очередь, к ломке многих положений квантовой механики и теории относительности, к выявлению пределов их применимости.

Отсутствие целостного, достаточно полного охвата многообразия элементарных взаимодействий дает основание не только для модернизации существующих теоретических форм и кардинального их пересмотра, но и для широкого методологического освещения многих проблем, связанных с созданием нетрадиционных физико-математических средств описания. Так, в центре методологического исследования оказываются вопросы своеобразия пространственно-временных концепций в субъядерном мире, взаимоотношения сложного и элементарного, синтеза релятивистских и квантовых принципов, проблемы наглядности теоретических отображений частиц, измеримости их параметров при экспериментальном изучении, анализа различных аспектов симметрии

и инвариантности, законов сохранения и изменения и многие другие. Все эти вопросы так или иначе связаны с проблемой создания единой теории элементарных частиц и их взаимодействий.

В значительной степени методологические проблемы квантовой теории поля нашли свое решение в ряде работ философов И. С. Алексеева, И. А. Акчурина, Р. А. Аронова, В. П. Бранского, П. С. Дышлевого, И. В. Кузнецова, Ю. Б. Молчанова, Ю. В. Сачкова, Б. Я. Пахомова, М. Э. Омеляновского, Э. М. Чудинова и других, а также физиков А. И. Ахиезера, Д. И. Блохинцева, В. С. Барашенкова, В. Л. Гинзбурга, А. С. Давыдова, Ю. М. Ломсадзе, М. А. Маркова, Ю. З. Новожилова, В. А. Фока, Ю. Б. Румера, зарубежных физиков Л. де Бройля, В. Вайскопфа, Е. Вигнера, П. Дирака, Ф. Дайсона, В. Гейзенберга, С. Сакаты, Р. Фейнмана, Дж. Чу, Д. Уилера, С. Вайнберга, А. Салама, Д. Глэшоу и других.

Обнаружение свойств симметрии у адронов, закономерностей их группировок по мультиплетам, отвечающих строго определенным представлениям групп симметрии унитарных преобразований, явилось основой для вывода о существовании особых структурных элементов адронов-кварков. И хотя при формулировке кварковой модели они рассматривались как гипотетические структурные элементы, однако в начале 70-х годов и в последующие годы были проведены эксперименты, которые позволяют говорить о кварках как о реальных материальных образованиях внутри адронов, которые до длин порядка 10^{-15} см выступают как точечные бесструктурные образования. Это обстоятельство, возможно, отражает лишь достигнутый уровень их исследования, тем более что в отличие от других частиц кварки в свободном состоянии не наблюдались. Не исключено, что рождению препятствует, как предполагают, большая масса кварков и что они не могут находиться в свободном состоянии.

Представление о том, что адроны состоят из частиц с дробными электрическими зарядами, было впервые выдвинуто в 1963 г. независимо М. Гелл-Манном и Д. Цвейгом. Предполагалось существование трех сортов таких частиц — u , d , s ; u — кварку приписывался заряд $\frac{2}{3}$ заряда протона, а d и s кваркам — заряд $\frac{1}{3}$ заряда протона. В дальнейшем для характеристики этих частиц потребовалось ввести новый тип зарядов, названных

цветом: желтый, синий, красный. Развитие теории привело к предсказанию еще одного типа кварков — s -кварков с особым квантовым числом, получившим название — «очарование». В процессе экспериментов в области физики частиц высокой энергии благодаря достижениям ускорительной техники и совершенствованию средств наблюдения были открыты новые элементарные частицы: j/ψ — джей-пси частицы, ψ — ипсилон частицы, для описания структуры которых потребовалось увеличение числа кварков до пяти (b -кварк), ныне есть основание ожидать пополнение семьи кварков шестым членом. По аналогии с существующими объяснениями связи микрообъектов путем обмена квантами для объяснения связи между кварками в адронах введено особое поле, кванты которого были названы глюонами (от английского слова glue — «клей»).

Многочисленные теоретические соображения и экспериментальные данные опосредованно свидетельствуют о реальности существования кварков, что позволило по аналогии с квантовой электродинамикой создать квантовую хромодинамику КХД («хромос» — по-гречески «цвет»), в основу математического аппарата которой положена группа симметрии $SU(3)$. Эта физическая теория находится в процессе становления, о чем свидетельствует всевозрастающий поток публикаций, посвященных КХД.

Диалектико-материалистическое представление о материальном единстве мира все больше находит многообразное конкретное выражение в прогрессирующем развитии современной физики. Особенно ярко это проявляется в разработке единой теории поля. В рамках современных физических воззрений одним из первых попытался создать такую теорию А. Эйнштейн. Немало усилий на построение теории «праматерии» приложил и В. Гейзенберг. Но эти попытки не увенчались успехом. Ныне вновь резко возрос интерес к созданию единой теории взаимодействия, получившей название Великого объединения (Grand Unification). Каковы же предварительные результаты этих новых попыток?

Разработана модель единого электромагнитного и слабого (электрослабого) взаимодействий. Делаются шаги по объединению электрослабого и сильного взаимодействий в одно целое на основе выявленной симметрии между лептонами и кварками. И хотя остается еще вне

этого объединения гравитационное взаимодействие, однако есть подходы к включению и его в единую теорию взаимодействия.

Весьма сложные математические модели, как правило, исходят из следующих физических представлений о взаимодействиях. Последние происходят между двумя и более частицами за счет обмена третьими частицами, которые оказываются переносчиками этого взаимодействия, или квантами обусловленного ими поля. Например, фотон — переносчик электромагнитного взаимодействия и т. п. По аналогии было предположено и существование кванта слабых взаимодействий, частицы, ответственной за процессы распада атомных ядер и адронов и обладающей массой порядка 100 масс протона. Соответствующей теорией было предсказано существование так называемых векторных бозонов W^{\pm} и Z^0 . При этом последний играет особую роль при взаимодействии, обуславливая нейтральные токи. Эта модель получила в 1973 г. весомое подтверждение, а спустя 10 лет экспериментально были открыты и векторные бозоны, что справедливо рассматривается учеными всего мира как выдающийся успех современной физики.

Одним из интересных следствий теоретических разработок в физике элементарных частиц является предположение о нестабильности протона. Дело в том, что время его жизни измеряется величиной порядка 10^{30} — 10^{32} лет; для сравнения напомним, что время существования нашей планеты порядка $5 \cdot 10^9$ лет. Конечная величина жизни протона имеет важные космологические последствия, поскольку он относится к числу первообразующих частиц.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что физика элементарных частиц исключительно ярко раскрывает диалектику конечного и бесконечного, микро и мега миров. Ей предстоит еще, по-видимому, длительное развитие, совершенствование математического аппарата. Возможно, что его разработка будет связана с логическим включением различных классов взаимодействий в общую систему с учетом гравитационного взаимодействия, которое, может быть, и внесет необходимое единство, приведет к установлению общего периодического закона элементарных частиц.

Как отмечалось, физика элементарных частиц располагает огромным эмпирическим материалом, и сущест-

вующие теории дают рациональное объяснение значительной его части. Однако теоретические представления еще существенно отстают от эксперимента (хотя, как это было показано выше, в отдельных случаях теория опережает эксперимент) и не являются внутренне замкнутой системой определенных принципов и понятий. В то же время необходимо подчеркнуть, что ныне ее понятийный аппарат значительно более емкий и существенно отличается от системы понятий в ранее существовавших теориях. «Ситуация в физике высоких энергий,— отмечал Д. И. Блохинцев,— кажется весьма аналогичной той, которая существовала в квантовой теории атома до открытия квантовой механики»⁵⁷.

Несмотря на исключительное многообразие теоретических построений, связанных с попытками создать теорию элементарных частиц, среди них можно выделить два направления, так или иначе выражающих основные идеи и узловые категории, необходимые для описания своеобразия микровзаимодействий. Эти направления, на наш взгляд, достаточно полно конкретизируют и методологические особенности теоретического описания, обусловленные той природой субъектно-объектного взаимодействия, о которой речь шла выше.

Окончательный отказ от наглядно понимаемого содержания терминов теоретического и эмпирического познания стал важнейшим и необходимым условием эффективного использования таких понятий, как гильбертово пространство, пространство изотопического спина, странности, четности состояния, комбинированной инверсии и т. д., для понимания реальных свойств микромира. Но это способствовало также и тому, что центр тяжести методологического исследования сместился в сторону анализа понятийных средств математического аппарата, в котором обыденные, наглядные представления играют, вообще говоря, весьма второстепенную роль.

Математика во все большей степени становится для физики источником идей, приемов и методов теоретического освоения экспериментального материала. Отсюда стремление нередко отождествить математический язык теории с самим существом физического исследования,

⁵⁷ Блохинцев Д. И. Физика высоких энергий и основные принципы современной теории.— Успехи физических наук, 1965, т. 86, вып. 4, с. 722.

причем забывают, что он был и остается лишь логико-структурным отражением свойств реальных физических объектов. Математика оказывается тем средством операционального описания, с помощью которого можно объяснить и предсказать те или иные особенности объектов исследования. Заметим, что основанием для такого отождествления является также и крайняя абстрактность самих физических понятий, арсенал которых пополняется не только за счет создания новых, но и по мере математической переформулировки уже имеющихся положений. «Искусство физика,— замечает Ф. Дайсон,— заключается в подборе математического материала и в построении из него картины природы»⁵⁸. Таким образом, подобно тому как содержание математики не исчерпывается логикой, содержание и специфика физической теории не исчерпываются математикой.

Как следствие вышесказанного физико-теоретическое знание выступает, с одной стороны, совокупностью различных математических методов, идей и понятий, с другой — нечто большим, а именно структурированным отражением, посредством дифференциальных уравнений, алгебры операторов, топологических групп и т. п., физической реальности. А в гносеологическом плане существо физической теории состоит в объективизации ее теоретических объектов как способа рационального усвоения реальных объектов исследования.

В силу этих особенностей в теории заметно уменьшается значение нового эмпирического материала для ее дальнейшего формирования. На первое место выступает прежде всего связь математических понятий с абстрактно-теоретическими объектами физики, а не с реальными объектами исследования. Поэтому в процессе модификации теории имеет место движение от математических средств к представлениям, выражаемым теми или иными физическими понятиями, а затем уже к объяснению и осмыслению эмпирических данных. Таким образом, в методологическом плане квантоворелятивистской теории присущи два аспекта. Один — это семантическое отношение между математическими и физико-теоретическими понятиями, другой — операциональное отношение

⁵⁸ Дайсон Ф. Математика и физика.— Успехи физических наук, 1965, т. 85, вып. 2, с. 357.

между физико-теоретическими понятиями и экспериментально-измерительными данными⁵⁹.

Семантическое отношение предполагает определенную интерпретацию, так сказать, «внутри» самой теории математических понятий в рамках физических предположений с различными уровнями информации о физических объектах. Эти математические понятия и представления выступают своеобразной сетью, набрасываемой на эмпирическую область, тем самым позволяя раскрыть качественную определенность объектов познания. В то же время совокупность операциональных отношений определяет экспериментальную ситуацию, которая оказывается существенно значимым моментом в сложной и неоднозначной связи теории и эксперимента.

Экспериментальная ситуация — это начальные и конечные результаты взаимодействия частиц, благодаря которым определяются физические характеристики (спин, импульс и т. д.). Более того, эти результаты позволяют определить амплитуды или сечения рассеяний, которые становятся основой теоретического описания данных взаимодействий. В экспериментальной ситуации устанавливается также и численное соответствие выведенных из теории параметров с данными измерениями. Существенно то, что эти параметры могут быть получены на основе полной реконструкции существенных черт данной ситуации средствами теории, поскольку экспериментальная ситуация является единственной формой представления объективно существующей физической реальности микрообъектов. Ведь элементарные частицы даны в знании лишь постольку, поскольку они вовлечены в процесс познавательной деятельности субъекта, и представления о них неотделимы как от практических форм этой деятельности, так и от теоретических способов ее отображения.

Отмеченная особенность теоретического освоения эмпирических данных в рамках экспериментальной ситуации предполагает и наличие определенной структуры категориального базиса, своеобразных теоретических систем из философских принципов и математических представлений физических явлений.

⁵⁹ См.: Крымский С. Б. Интерпретация научных теорий. — В кн.: Логика научного исследования. М., 1965, с. 133—134.

Следует подчеркнуть, что самого по себе эксперимента недостаточно для логического построения теории. Действительно, разве можно говорить о логическом выводе закона гравитации Ньютона из опытов Галилея, если ошибка в этих опытах достигала нескольких процентов. Нельзя говорить также о чисто логическом выводе уравнений Максвелла из опытов Фарадея, ибо они содержат в себе теоретическое представление о токе смещения. Широко распространено мнение, что якобы опыты Майкельсона сыграли решающую роль в создании специальной теории относительности. Но и это не так, о чем свидетельствует сравнительно недавно опубликованное письмо А. Эйнштейна⁶⁰. Все эти примеры показывают исключительно сложный характер взаимосвязи экспериментальных данных и теории, их объясняющей. Создание последней, построение физической картины связано не только с данными опытов, но и со сложным процессом образования понятий, процессом выработки абстракций, который не ограничивается рамками интеллектуальной деятельности одного человека, а представляет собой противоречивый поиск, осуществляемый десятками, а то и сотнями людей.

Иначе говоря, создание физической теории — это сложный процесс социального познания, благодаря которому связываются опытные данные в единую логически непротиворечивую систему, выражающую основное и главное в содержании природных явлений, выступающих объектами познания.

Возможность выявить существенное и отбросить второстепенное означает, по сути дела, построение формализованной модели, элементы которой могли бы быть подвергнуты математической обработке. В этом отношении всегда желательно получить относительно простую модель сложного явления. Но последние не всегда допускают представление в уже известных моделях. Например, Максвелл хотел создать механическую модель электромагнитного поля, используя для этого набор зубчатых колес и шестеренок. Такая модель оказалась слишком примитивной и была отброшена.

Чтобы объяснить волновой характер распространения света, по аналогии с распространением волн в жидкости

⁶⁰ См.: Письмо А. Эйнштейна. — Успехи физических наук, т. 104, вып. 2, 1971, с. 298.

была придумана гипотетическая среда — мировой эфир, пронизывающий все тела, механические колебания которой эквивалентны электромагнитным колебаниям, связанным со светом. Однако и эта механическая модель оказалась слишком примитивной и была отброшена. После этого для объяснения свойств электромагнитного поля остались только одни уравнения Максвелла — математическая модель электромагнитного поля. Мы намеренно употребляем здесь слово «модель» потому, что в действительности уравнения Максвелла не охватывают всех свойств электромагнитного поля, например различных нелинейных эффектов (таких, как рассеяние света светом), а также превращения квантов электромагнитного поля — фотонов в электрон-позитронные пары.

После того как остались только уравнения Максвелла, а эфир был отброшен, отдельные физики и философы-идеалисты стали говорить, что-де «остались одни уравнения, а материя исчезла». В действительности же исчезла не материя, а улетучился гипотетический эфир, но остались гениальные уравнения, отражающие свойства электромагнитного поля и являющиеся его математической моделью.

Такая модель с определенной точностью отражает реальные процессы природы, ибо им, как писал Дирак, присуща та фундаментальная особенность, что самые основные физические законы описываются математической теорией, аппарат которой обладает необыкновенной силой и красотой⁶¹.

Окружающий нас физический мир отражается математическими моделями, использующими абстрактные понятия и концепции. Такова природа вещей. Упрощенные механические модели электромагнитного поля, так же как и более сложные модели ядерной и субъядерной материи, оказываются слишком примитивными и не отображают достаточно адекватно основных свойств окружающего нас мира. Они оказываются той частью относительной истины, которая становится в значительной своей части достоянием истории, но в науке происходит не зряшное отрицание, а диалектическое.

Усиление роли абстракций, необходимость введения

⁶¹ См.: Дирак П. Эволюция физической картины природы.— В сб.: Над чем думают физики. Вып. 3. М., 1965.

новых понятий и концепций, столь характерные для современной физики, объясняют особое значение математики в физике, которая по самой своей сущности естественно приспособлена для этой цели, тем более что новые понятия, как правило, не допускают наглядной интерпретации. Так математический аппарат становится неотъемлемой частью физической теории, без которой невозможна сама ее формулировка. Физическая теория становится неотделимой от своей математической формы, приближенно соответствующей ее содержанию. В этой связи уместно вспомнить слова В. И. Ленина о мысленных формах. Неверно, что мысленные формы только средство, для пользования. Неверно, что они только внешние формы, формы на содержании, а не само содержание⁶².

Модельность теории находится в тесной связи с ее феноменологичностью. Часто противопоставляют феноменологические теории теориям микроскопическим. В действительности это различие между теориями носит условный характер, ибо любая микроскопическая теория никогда не может быть избавлена от феноменологических элементов. Например, классическая термодинамика считается стопроцентной феноменологической теорией. Это означает, что, хотя она и устанавливает два фундаментальных закона природы — первое и второе начала термодинамики, — конкретного содержания в эти законы не вкладывается, ибо только статистическая механика позволяет определить энергию и энтропию системы как функции ее состояния.

Квантовая же механика считается стопроцентной микроскопической теорией, ибо она позволяет определить энергетические уровни отдельных атомов и молекул. Но ведь она только связывает их с универсальными константами — зарядом и массой электрона и с постоянной Планка, «смысла» же этих констант она не раскрывает, и они вводятся в теорию чисто феноменологически. Но главное заключается в том, что об основе основ квантовой механики — статистической закономерности в поведении микрообъектов — мы говорим: такова природа вещей, т. е. признаемся в незнании сущности данного явления, фактически вводим статистическую закономерность феноменологически.

⁶² См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 84.

Все физические теории содержат феноменологические элементы, одни больше, другие меньше, и «примесь» феноменологии неизбежна, ибо это следствие модельности или, если угодно, плата за модельность.

Усиление роли абстракций в физической теории, нашедшее отражение в известном афоризме Гильберта «Физика стала слишком сложной для физиков», привело к разделению физики на две науки — физику экспериментальную, которая с помощью экспериментальных устройств исследует закономерности существующих в окружающем нас мире видов материи и открывает новые виды материи, не известные как непосредственно существующие в земных условиях, и физику теоретическую, которая математически отображает закономерности различных видов материи, т. е. создает математические модели различных форм движущейся материи и с их помощью предсказывает новые явления. Эти два компонента физической науки оплодотворяют друг друга и не могут существовать одна без другой, образуя единое целое.

Усиление роли абстракций в современной физике и всевозрастающая ее математизация, несомненно, затрудняют и понимание прогресса физики. Многие ищут сокровенную физическую сущность и противопоставляют ее математической форме теории. Но такое противопоставление не имеет под собой почвы. Когда мы утверждаем, что определенная физическая теория объясняет определенный круг явлений, то имеем в виду, что все связи между рассматриваемыми явлениями могут быть отражены с помощью понятий и концепций данной теории и что для этого не требуется введения никаких добавочных понятий и концепций. Именно таков смысл слова «объясняет» в физике. «Объяснить» можно только в терминах данной теории.

В этой связи полезно напомнить ответ Ньютона на замечание о его теории гравитации: «Ведь она ничего не объясняет». Ньютон ответил: «Она (т. е. теория) говорит, как движутся тела. Этого должно быть достаточно. Я сказал вам, как они движутся, а не почему». Теория — это отражение объективных закономерностей природы, снятие с нее «слепка», а оно не есть простой, непосредственный, зеркально-мертвый акт, а сложный, раздвоенный, зигзагообразный, включающий в себя возможность отлета фантазии от жизни.

И именно эта необходимость отлета фантазии будет обеспечена математикой, развитием ее методов.

«Наши жалкие математические усилия,— говорит П. Дирак,— позволяют пока понять во Вселенной лишь немного. Но, развивая все более совершенные математические методы, мы можем надеяться на лучшее понимание Вселенной. Математические исследования дают надежду угадать, каким будет аппарат будущей теоретической физики.

Рано или поздно появится новый Гейзенберг, способный уловить существенные особенности новой информации и открыть метод ее использования, подобно тому как ранее Гейзенберг использовал экспериментальные данные по спектрам для построения матричной механики»⁶³.

Но подобный синтез эксперимента и математики не даст завершенной целостной физической теории, после которой уже не будет необходимости создавать новые теоретические воззрения. Исходя из общих принципов диалектического материализма, можно утверждать, что физическая наука безгранична в своем прогрессивном развитии. Глубокое единство развивающейся математики, теории и технической оснащенности физического эксперимента, единство, оплодотворенное творческим применением материалистической диалектики будет способно стимулировать все новые и новые шаги в бесконечном познавательном процессе физической реальности.

А. Эйнштейн как-то справедливо заметил, что «наши представления о физической реальности никогда не могут быть окончательными» и что «вера в существование внешнего мира независимого от воспринимающего субъекта есть основа всего естествознания»⁶⁴. И это замечание полностью соответствует диалектико-материалистическому положению о том, что человек никогда не может охватить, отобразить всей природы полностью: он может лишь вечно приближаться к этому, создавая все новые понятия, абстракции, научные картины мира и т. п., которые приблизительно охватывают универсальную закономерность вечно движущейся и развивающейся природы.

⁶³ Д и р а к П. Эволюция физической картины природы.— В сб.: Над чем думают физики, вып. 3, с. 15.

⁶⁴ Эйнштейновский сборник. М., 1966, с. 7.

Наш век характеризуется бурным развитием физики, и рассказать даже только о ее основных успехах и достижениях в одной публикации — задача практически неосуществимая. Поэтому мы прежде всего и сосредоточили внимание на методологических вопросах квантовой механики и теории относительности, являющихся фундаментом всей современной физики.

Известно, например, какое большое значение для науки и техники имеет прогресс физики твердого тела. И здесь особо следует сказать о полупроводниках. Более 40 лет назад началось интенсивное изучение, разработка технологии получения кристаллов и особо чистых материалов, их техническое применение, особенно в области транзисторной электроники.

Говоря о прогрессе физики, следует обратить внимание на физику низких температур, являющуюся частью физики конденсированного состояния. Здесь особо интересным является открытие сверхтекучести He^3 , имеющее место при температуре около 10^{-3} К. Ныне методы исследования сверхтекучести гелия применяются при изучении вопроса о природе нейтронных звезд, вещество которых, по современным представлениям, весьма похоже на фазы He^3 .

Не менее важные результаты получены и в изучении сверхпроводимости. Разработка микроскопической теории сверхпроводимости, получившей экспериментальное подтверждение, привела к построению теории сверхпроводящих сплавов, используемых, например, при создании сверхпроводящих магнитов, применяемых в научных исследованиях и в технике.

Одной из интенсивно развивающихся областей физики является физика плазмы. Для нее характерны тенденции все более широкого проникновения в другие разделы физического познания. Ныне это наука не только о газовом разряде, но и о плазме в твердом теле, в лазерах, в космосе. Все чаще ставятся вопросы не только об управляемом термоядерном синтезе, но и о плазменных лазерах, о прямом преобразовании тепловой энергии в электрическую и т. п.

Особо интенсивен прогресс в области разработки и применения лазеров. Представляется перспективным их использование для решения проблемы термоядерного синтеза, проблемы, непосредственно связанной с поисками новых энергетических источников.

На фоне исключительно многообразного развития физической науки то затихает, то вновь вспыхивает дискуссия по вопросу: «Закончится ли физика?» И ответы на этот вопрос даются разные. Например, А. Эйнштейн неоднократно подчеркивал, что наши представления о физической реальности никогда не могут быть окончательными. Р. Фейнман, однако, утверждает, что «...трудно рассчитывать на постоянную смену старого новым, скажем, в течение ближайших 1000 лет. Не может быть, чтобы это движение вперед продолжалось вечно и чтобы мы могли открывать все новые и новые законы... Мне кажется, что в будущем произойдет одно из двух. Либо мы узнаем все законы, т. е. будем знать достаточно законов для того, чтобы делать все необходимые выводы, а они всегда будут согласовываться с экспериментом, на чем наше движение вперед закончится. Либо окажется, что проводить новые эксперименты все труднее и труднее, все дороже и дороже, так что мы будем знать о 99,9 % всех явлений, но всегда будут такие явления, которые... очень трудно наблюдать и которые расходятся с существующими теориями, а как только вам удалось объяснить одно из них, возникает новое, и весь этот процесс становится все более медленным и все менее интересным. Так выглядит другой вариант конца. Но мне кажется, что так или иначе, но конец должен быть.

Нам необыкновенно повезло, что мы живем в век, когда еще можно делать открытия. Это как открытие Америки, которую открывают раз и навсегда. Век, в котором мы живем, это век открытия основных законов природы, и это уже никогда не повторится. Это удивительное время, время восторгов и волнений, но этому наступит конец»⁶⁵.

И если, например, А. С. Компанец поддерживает точку зрения Р. Фейнмана и также пишет о возможном конце физики, то В. С. Барашенков аргументированно защищает другую точку зрения⁶⁶. Безусловно, что в подобного рода дискуссии прежде всего следует определить, что понимается под физической наукой. Но даже и достигнув единства в понимании содержания этого понятия,

⁶⁵ Фейнман Р. Характер физических законов. М., 1968, с. 190—191.

⁶⁶ См.: Компанец А. С. Может ли кончиться физическая наука? М., 1967; Барашенков В. С. Существуют ли границы науки? М., 1982.

необходимо иметь в виду, что и само содержание находится в развитии. В условиях современной дифференциации и интеграции науки физика сегодняшнего дня существенно отличается от своего прошлого, тем более она будет отличаться и от своего будущего. Несомненно, что будет возрастать как число объектов, так и число свойств, подлежащих научному исследованию. Ибо неисчерпаемость любого материального объекта, способов и методов научного познания является тем методологическим основанием, которое дает уверенность в том, что человеческое познание не будет иметь конца.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, рассматривая прогрессивное развитие физической науки, мы видим, что на всех этапах ее истории всегда существовала связь материалистической философии с физикой. Эта связь обусловлена тем, что физическое знание как одна из форм научного знания необходимо предполагает определенное отношение человека к природе. Будучи результатом познавательной деятельности, оно основывалось на субъектно-объектном взаимодействии — фундаментальном познавательном отношении, поэтому имело и имеет явно или неявно выраженную определенную философскую окраску.

Материалистическая философия всегда была связана с естествознанием и особенно с физикой, и эта связь все более усиливается с развитием общественно-производительной деятельности людей. В трудах классиков марксизма-ленинизма показано, как необходимо осмысливать научно-теоретическое знание через призму социально-практической деятельности человека, вскрывать внутреннее единство логики, диалектики и теории познания. Отсюда особое значение приобретает идея союза естествоиспытателей и философов-материалистов. Эта идея четко была сформулирована В. И. Лениным в его статье «О значении воинствующего материализма», где он подчеркивал исключительную актуальность укрепления связи диалектического материализма и естествознания.

Объективная тенденция укрепления союза физики и материалистической диалектики превратилась в важнейший принцип развития как физики, так и философии. Жизнь полностью подтвердила и верность ленинского по-

ложения о том, что «материалистический дух» современной физики, как и всего естествознания, неизбежно победит, что будут преодолены в них любые методологические кризисы, что наука преодолевает идеализм, натурфилософию и метафизический материализм.

Формирование физических теорий всегда было связано с влиянием философских идей. В фейнмановских лекциях автор задает вопрос: «Если бы в результате какой-то мировой катастрофы все накопленные научные знания оказались бы уничтоженными, и к грядущим поколениям живых существ перешла бы только одна фраза, то какое утверждение, составленное из наименьшего количества слов, принесло бы наибольшую информацию?.. Я считаю, что это атомная гипотеза...»¹ Конечно, современный атомизм существенно отличается от, скажем, наивных догадок Демокрита, но это не умаляет исторического значения этой ранней формы материализма.

Физику всегда приходится решать разнообразные онтологические и гносеологические вопросы, и поэтому он вынужден обращаться к философии. М. Борн писал: «...Физика на каждом шагу встречается с логическими и гносеологическими трудностями... каждая фаза естественнонаучного познания находится в тесном взаимодействии с философской системой своего времени: естествознание доставляет факты наблюдения, а философия — методы мышления»².

Познание законов объективной действительности — сложный процесс, идущий от живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике. Чувственное восприятие человеком объективной действительности является первой ступенью процесса познания, через ощущения человек получает свои впечатления об окружающем мире. Но абсолютизация роли ощущений в процессе познания отрывает их от объективной реальности, которая обуславливает их возникновение, что неизбежно ведет к серьезным ошибкам. Именно эта абсолютизация составляет гносеологическую основу как для идеализма, так и для метафизики в процессе познания. Глубоко и всесторонне анализируя процесс познания, В. И. Ленин в работе «Материализм и эмпириокрити-

¹ Фейнмановские лекции по физике. Т. I. М., 1965, с. 23.

² Борн М. Физика в жизни моего поколения. М., 1963, с. 78—

цизм» показал, что преувеличение роли ощущений и недооценка абстрактного мышления являются нарушением диалектики познания.

Абстрактное мышление — необходимая ступень познания, позволяющая проникнуть в сущность предметов, но и преувеличение его значения ведет к идеализму. Коротче говоря, нарушение или незнание диалектики познания, отрыв чувственного от абстрактного, недооценка или переоценка практики, эксперимента — все это серьезные препятствия на пути создания физических теорий. Вот почему овладение физиками диалектикой, методами диалектического мышления является задачей, порожденной объективным развитием самой физики.

Известно, что итогом человеческого познания являются понятия, научные абстракции, а одна из сложных задач, решаемых современной наукой, в том числе и физикой, состоит в выработке научно обоснованных навыков оперирования абстрактными понятиями.

Создатели современных физических теорий, стихийно приближаясь к диалектико-материалистической теории познания, к научному пониманию соотношения эмпирического и теоретического, конкретного и абстрактного в познании, более адекватно отражают в частных научных теориях объективную диалектику изучаемого фрагмента материального мира.

Образующие физическую теорию абстрактные понятия, особенно связанные с математическим аппаратом, становятся по мере развития науки все менее непосредственно связанными с научным экспериментом. Увеличивается расстояние от наблюдаемых и регистрируемых явлений до абстрактных понятий, возрастает число промежуточных обобщений, повышается роль логического компонента теории, который дисциплинирует процесс мышления, помогает создавать цепь взаимосвязанных умозаключений, при котором отпадает необходимость сравнения на каждом промежуточном этапе формирования теории ее понятий с непосредственными чувственными данными.

Физики при разработке современных теорий критически переосмысливают накопленные в прошлом знания. Иными словами, существует как определенная последовательность, преемственность в развитии знания, так и революционные переходы его на новый уровень. Новое знание как бы отрицает предшествовавшее, но отрицает

диалектически, сохраняя момент абсолютной истины. В физике этот процесс находит отражение в принципах соответствия, инвариантности, сохранения и др. Прав был А. Эйнштейн, когда писал, что «...лучший удел физической теории состоит в том, чтобы указывать путь создания новой более общей теории, в рамках которой она сама остается предельным случаем»³.

Философские идеи, как об этом убедительно свидетельствует история, играют чрезвычайно важную роль в процессе становления физических теорий; без преувеличения можно сказать, что без философского обоснования физическая теория не может сформироваться.

Однако влияние философии на процесс становления физической теории не наглядно, не очевидно.

Только материалистические убеждения (осознанные или интуитивно принятые исследователем) способствуют развитию теории, а любые разновидности идеалистической философии в конечном счете тормозят ее формирование.

Каждый подлинный физик — естественнонаучный стихийный материалист, он рассматривает внешний мир как объективно существующий вне и независимо от познающего субъекта. Но когда он отражает в системе понятий результаты своих исследований, то пользуется системой философских понятий, которую усвоил благодаря обучению и повседневному воздействию окружающей социальной среды.

Физические теории могут различаться по степени адекватности отражения законов природы, но они не могут быть идеалистическими, в принципе все они материалистичны. Нельзя отдавать не только научные достижения, но и их творцов в руки философов-идеалистов. Надо также самим физикам, а не только философам-марксистам разоблачать научную несостоятельность претензий буржуазной философии на роль философии современной науки.

Роль научной философии становится особенно наглядной, когда мы переходим к рассмотрению физики микромира. Познавание микромира с его качественно отличными от макромира объектами и законами их движения потребовало от ученых дальнейшего отказа от элементов метафизического и механического стиля мышления,

³ Эйнштейн А. Собр. науч. трудов, т. 1, с. 568.

но это была нелегкая задача, с которой и ныне многие физики мира еще далеко не справились.

Отражением свойств и движения микрообъектов явилась квантовая теория с ее корпускулярно-волновым дуализмом, принципом неопределенности, неклассическим детерминизмом, вероятностным и статистическим характером ее законов. Все это свидетельствовало о более диалектическом характере квантовой механики по сравнению с механикой Ньютона. Необычность квантовой механики породила рассуждения о ее незавершенности.

Но это физическая теория является полной, так как не обнаружены элементы реальности, которые зависят от других элементов, не учитываемых данной теорией. Описание квантовомеханических объектов с помощью Ψ -функции (имеющей статистический характер) не требует введения в теорию новых дополнительных идей, и в этом смысле квантовая механика — замкнутая и полная теория. Но в философском плане, как всякая научная теория, она представляет собой относительную истину, и дальнейшее познание микромира ведет к развитию физики, к созданию новых физических теорий.

Квантовая механика более совершенно, по сравнению с классической механикой, отразила прерывность и непрерывность микромира, но она не исчерпала объективную и неисчерпаемую диалектику микрообъектов и их взаимодействий.

Соотношение между квантовой механикой и классической механикой — наглядная иллюстрация действительности диалектико-материалистического принципа соотношения абсолютной и относительной истины, к которому создатели квантовой механики были подведены логикой развития самой физики. Однако следует иметь в виду, что эти философские принципы были сформулированы задолго до возникновения теории относительности и квантовой механики. Можно проследить в истории науки следующую закономерность: все фундаментальные теории и идеи в науке, имеющие мировоззренческое и общеметодологическое значение, как правило, вначале выдвигались как философские принципы и догадки на основе материалистических и диалектических воззрений, а уже затем получали свою детальную теоретическую разработку и экспериментальное обоснование, например в физике. Такова была история открытия принципа сохранения вещества и энергии, закона причинности в его обоб-

щенном виде, идеи атомистического строения материи, бесконечности и неразрывной связи пространства и времени между собой и движущейся материей, единства прерывности и непрерывности и т. д. Ленинская идея неисчерпаемости электрона и бесконечности материи вглубь оказывает и сейчас существенное воздействие на развитие современной физики элементарных частиц. Диалектическая концепция развития реализуется в конкретных теориях развития природных и социальных явлений.

Материалистическая диалектика как наука о наиболее общих законах природы, общества и мышления дает частным наукам общие методы познания, ученым — фундамент научного мировоззрения. Методологическая роль философских положений состоит в том, что они, с одной стороны, как бы ограничивают область научного поиска (отвергая, например, гипотезы о сверхъестественных силах), с другой стороны, определяют направление правильных поисков ответов на поставленные вопросы. Фундаментальные положения материалистической диалектики нацеливают ученого на изыскание общих путей исследования, предостерегая от односторонности при изучении явлений, от субъективизма и произвола.

Философские категории, «проникая» в физику, как в некоторую конкретную теорию, не могут быть использованы во всем богатстве своего содержания. Обычно используется лишь какая-либо сторона, черта философской категории (принципа, закона), а, как правило, не вся методологическая «мощность» категории. Все богатство содержания философских категорий осуществляется лишь во всем комплексе научного знания и в весьма длительном развитии соответствующих частных естественно-научных теорий. Поскольку в такой теории в данный момент используется не все содержание универсальных категорий, то это дает возможность прогнозировать вероятное развитие частной теории, осуществляя ее диалектико-логический анализ, вскрывая в зародыше те противоречия (диалектические), которые еще в полной мере не проявились в ее развитии. Та или иная естественно-научная теория в некоторый момент своего становления акцентирует внимание на одной из сторон диалектического противоречия, как то было, например, в случае классической механики, когда теоретико-познавательный акцент здесь был сделан на определенность, необходимость, лапласовскую причинность, динамичность и т. д.

Лишь дальнейшее развитие физики (появление квантовой механики, теории относительности и т. д.) показало односторонность, неполноту реализации идеи диалектического противоречия в категориальном «каркасе» классической механики. И не случайно дальнейшее развитие физики, как и вообще всей науки, пошло именно по диалектическому пути, в направлении ассимиляции специальным знанием диалектических идей. В естествознании были разработаны соответствующие понятия, выступающие диалектическим синтезом, конкретизацией идеи диалектического противоречия.

В квантовой механике и теории элементарных частиц особую роль стали играть категории прерывности и непрерывности, определенности и неопределенности, части и целого, возможности и действительности и многие другие. Эти «классические» философские категории, которые давно вошли в ткань физики, в современной науке обнаружили многие новые грани своего богатого содержания. Взаимопроникновение и взаимоисключение противоположностей, вскрываемые физиками при изучении объектов и явлений микромира, отображаются ими через систему физических понятий, в которой все возрастающую роль играют категории материалистической диалектики.

Переплетения понятий частных наук и философских категорий, их трансформация, объединение в общую логическую систему данной науки — характерная черта в современном познании. Отсюда следует, что диалектико-логический анализ понятий физики является одной из важнейших задач марксистской философии. Он важен не только потому, что позволяет показать методологическую продуктивность категорий и законов материалистической диалектики, объяснить возникновение основных понятий специальных наук как разрешение диалектических противоречий, но и потому, что такой анализ одновременно выполняет прогностическую функцию, нацеливает естествоиспытателей на поиски новых противоречий и путей их разрешения.

Поскольку категориальная система диалектики в определенный момент не может целиком «воплотиться» в системе понятий естественнонаучной теории, то здесь и возникает то диалектическое противоречие между всеобщим и частным, которое содействует дальнейшему приращению специальных знаний.

Совместное решение теоретико-познавательных вопросов, выдвигаемых развитием естествознания, стало насущной потребностью современного познания. Обращаясь к накопленному в истории философской мысли опыту решения ряда гносеологических проблем, ученые-философы в ряде случаев оказывают существенное влияние на развитие физических теорий.

Весь понятийный аппарат диалектико-материалистической философии уже играет заметную роль в создании теоретических построений современной физики. Категориальная система материалистической диалектики оказывается методологически продуктивной в становлении, развитии, интерпретации, применении естественно-научных теорий. Изучение этого движения понятий от философии к естествознанию является важным направлением работы в области философских вопросов естествознания, существенным аспектом конструктивной разработки ленинской идеи содружества философов и естествоиспытателей.

Фундаментальные философские принципы также играют важную роль в этом процессе и в соотнесении содержания физической теории с объективной реальностью, т. е. при интерпретации уже сложившейся или складывающейся теории.

А интерпретация научной теории носит и идеологический характер. Ведь через нее проходит фронт борьбы материализма против идеализма. И здесь заметим, что логика развития науки, общественной жизни, социальные преобразования, происходящие в окружающем нас мире, ведут к тому, что растет авторитет диалектико-материалистического мировоззрения, авторитет марксистско-ленинской философии. Прогресс современной науки органически связан с ее диалектизацией, с укреплением союза между философами-марксистами, физиками и представителями других наук. Прогресс самой физики ведет к развитию других фундаментальных и технических наук, а совершенствование последних связано с развитием экспериментальной базы физических исследований, неотделимых от общего научно-технического прогресса. Все шире и полнее вовлекаются в сферу научного поиска мощные инженерно-технические средства, которые становятся не только необходимыми, но и существенно значимыми компонентами в теоретическом осмыслении получаемых экспериментальных результатов.

В процессе технико-производственной ориентации науки в целом, и физики в частности возрастает удельный вес технолого-конструктивных решений многообразных прикладных задач, базирующихся на достижениях физической науки. На апрельском (1985 г.) Пленуме ЦК КПСС, последующем совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса отмечалось: «Передовая линия борьбы за ускорение научно-технического прогресса в народном хозяйстве пролегает через науку... Именно она выступает в качестве генератора идей, открывает прорывы в новые области, дает выход на новый уровень эффективности»⁴.

Высокая техническая оснащенность современных естественно-научных изысканий все более унифицирует исследования в различных областях физики, химии, биологии и др. Это создает предпосылки для интеграции фундаментальных и технических наук, для создания научно-производственных комплексов, концентрирующих в рамках единой организации специалистов различных наук, проектно-конструкторские и технологические учреждения, информационные и другие службы, наконец, экспериментально-технологические предприятия и даже заводы. Здесь не только будет осуществляться изучение и поиск новых закономерностей природы, постановка разного рода экспериментов с целью получения новой информации, но и разработка на базе полученных знаний определенных конструкций приборов, машин, гибких технологий с последующим их внедрением в производственную практику.

Широкий и многосторонний характер современного научного поиска становится столь социально значимым, что общественное воздействие на него оказывается важнейшей предпосылкой его успехов. В нашем обществе государство выделяет большие материальные средства на сооружение новых экспериментальных установок, строительство лабораторий и институтов, на подготовку десятков тысяч специалистов для народного хозяйства, создает условия для успешной деятельности многочисленных проектно-конструкторских организаций, научно-исследовательских институтов, короче, осуществляет руководство развитием всей системы научных изысканий и

⁴ Горбачев М. С. Коренной вопрос экономической политики партии. Доклад на совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса 11 июня 1985 г. М., 1985, с. 19—20.

разработок новых технологий в соответствии с плановым характером всего нашего социалистического хозяйства.

Научно-технический прогресс характеризуется слиянием науки с производством, превращением науки, в том числе и физики, в непосредственную производительную силу, а производство — в научное производство. В свое время К. Маркс писал: «если процесс производства становится применением науки, то наука, наоборот, становится фактором, так сказать, функцией процесса производства. Каждое открытие становится основой для нового изобретения или для нового усовершенствования методов производства... в то время как, наоборот, развитие производства представляет средства для теоретического покорения природы»⁵.

Истинность предвидения К. Маркса подтверждается практикой социалистического строительства, претворением в жизнь разработанной ЦК КПСС концепции ускорения социально-экономического развития нашей страны.

⁵ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 47, с. 553—554.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ

Словарь предназначен для оказания помощи читателю при ознакомлении с основным текстом публикации. Термины расположены не строго по алфавиту, а исходя из значимости для понимания основного содержания книги.

Элементарные частицы (или микрочастицы) — данный термин в современной физике употребляется для обозначения большой группы (более 350) мельчайших частиц, составляющих вещество и физические поля. К ней относятся: протон, нейтрон, электрон, фотон, π -мезоны, μ -мезоны (мюоны), тяжелые лептоны (τ), нейтрино (электронное, мюонное и τ -нейтрино). Электрон, мюон, нейтрино составляют класс элементарных частиц, называемых лептонами (от греческого *leptos* — легкий). Следует также назвать K -мезоны, гипероны, разнообразные резонансы. Большинство частиц имеют античастицы (отличающиеся знаком электрического заряда). Все элементарные частицы характеризуются малыми массами и размерами.

Поведение э. ч. подчиняется особым квантовым закономерностям. Общими характеристиками всех э. ч. являются масса, время жизни, спин (особая внутренняя характеристика), электрический заряд.

Взаимодействия (фундаментальные).

В настоящее время твердо установлено существование четырех фундаментальных взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное. Гравитационное взаимодействие в определенном приближении описывается законом Ньютона $F = K \frac{m_1 \cdot m_2}{Z^2}$; электромагнитное взаимодействие определяет движение заряженных тел; слабое — управляет распадом более тяжелых частиц на более легкие; сильное — еще недавно отождествляли с ядерным (т. е. с состоянием протонов и нейтронов в атомных ядрах), но создать на основе этих представлений более или менее удовлетворительную теорию ядерных взаимодействий не удалось. Определенные надежды сейчас связывают с успехами построения кварковой модели.

Квантовая (или волновая) механика — физическая теория, описывающая поведение микрочастиц. Законы к. м. составляют фундамент изучения строения вещества и излучения (квантовая электро-

динамика). Квантовая механика делится на нерелятивистскую (справедлива при движении микрообъектов со скоростями малыми по сравнению со скоростью света в вакууме) и релятивистскую. Нерелятивистская к. м. вполне законченная и логически непротиворечивая теория, релятивистская — далеко еще не законченная теория (квантовая теория поля). Особую роль в к. м. играет постоянная Планка \hbar — квант действия. К. м. сблизила частицы и поля. Согласно к. м. электромагнитное излучение порождается и поглощается дискретными порциями — квантами или фотонами, которые, как и частицы, имеют определенную энергию. С другой стороны, с каждой частицей сопоставляется волновая функция. Существует также квантовая электродинамика — теория взаимодействия электромагнитных полей и заряженных частиц. Квантом этого поля (калибровочного поля) являются фотоны. Взаимодействие двух электронов в этой теории рассматривается как обмен виртуальными фотонами.

Адроны — класс элементарных частиц, участвующих в сильных взаимодействиях. К адронам относятся все барионы и мезоны.

Барионы (от греч. — *bary* — тяжелый) — частицы с массой не меньше массы протона — это протоны, нейтроны и гипероны. Из всех этих частиц стабильной (?) является протон. Б. обладают внутренней структурой: они состоят из трех кварков.

Кварки — частицы, входящие в состав адронов. Они имеют дробный электрический заряд ($\pm 1/3$ и $\pm 2/3$ заряда электрона), пять различных ароматов (возможно, существует и шестой), каждый кварк обладает также одним из трех цветов. Высказываются предположения о структуре кварков.

Аромат — свойство, по которому различаются между собой кварки. Аромат и электрический заряд связаны друг с другом.

Цвет — свойство кварка, которое считают зарядом для сильного взаимодействия, описываемого квантовой хромодинамикой. Цвет в к. х. ничего общего с обычным представлением о цвете не имеет.

Глюоны — кванты поля или обменные частицы, переносящие цветное взаимодействие, связывающее кварки в адроны.

Квантовая хромодинамика — в ее основе лежит постулат о существовании глюонов, переносящих взаимодействие между кварками (по аналогии с фотонами, переносящими взаимодействие между электрическими зарядами).

Следует, однако, иметь в виду, что фотон не имеет электрического заряда, а глюоны, как и кварки, обладают цветовым зарядом, что создает возможность для существования нового процесса, не имеющего аналога в КЭД, а именно: виртуальное порождение глюонов самими глюонами.

Великое объединение.

Существующие четыре вида фундаментальных взаимодействий отличаются друг от друга, особенно по величине, но физики давно ищут возможности создания единой теории взаимодействия. В насто-

е время уже создана единая теория слабого и электромагнитного взаимодействий, получающая все новые и новые подтверждения. Для их объединения необходимо было найти общее между ними, и этим общим оказалось требование «локальной симметрии».

После создания единой теории электромагнитных и слабых взаимодействий предприняты попытки объединить их с сильным взаимодействием — это объединение получило название «великое объединение» (grand unification). Задача состоит в том, чтобы найти такую группу симметрий, которая включала бы как частный случай преобразования симметрии, отвечающие за сильные, слабые и электромагнитные взаимодействия. Из этой новой теории следует, что должны быть открыты переносчики таких взаимодействий, а это, в конечном счете, будет означать, что протон не является стабильной частицей, хотя с огромным временем жизни порядка 10^{33} лет.

Объединение всех четырех взаимодействий (включая и гравитационное) является проблематичным.

Нейтрино — элементарная частица, которой в последнее время уделяется большое внимание не только со стороны физиков, астрофизиков, представителей других наук, но и со стороны широкой общественности.

Существование данной частицы было предсказано в 30-е годы известным швейцарским физиком-теоретиком Вольфгангом Паули. Она должна была обладать необычными свойствами: отсутствием массы покоя, электрического заряда, уникальной проникающей способностью и т. д. Эти свойства затрудняли ее поиск и только в 1956 г. нейтрино было открыто, а его свойства оказались соответствующими предсказанным. Отсутствие у нейтрино массы покоя вызывало сомнения и начались ее поиски, которые в 1980 г. увенчались успехом. Группа советских физиков (В. А. Любимов, Е. Г. Новиков, В. З. Нозик, Е. Ф. Третьяков и В. С. Козик) определила ничтожно малую массу покоя нейтрино. Эти результаты получили уже подтверждение со стороны других ученых. Данное фундаментальное научное открытие (?) имеет далеко идущие последствия. Исходя из современных представлений об астрономической Вселенной можно теперь уже утверждать, что 90—99 % всей ее массы составляет масса нейтрино, что повлияет на наши расчеты возраста Вселенной, приведет к построению новой ее модели, к предположению о существовании еще неизвестных сверхтяжелых частиц и т. д.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| Введение | 3 |
| Глава I. Физика на рубеже XIX—XX столетий. В. И. Ленин о революции в естествознании | 15 |
| Основные открытия в физике на рубеже XIX—XX столетий. Экспериментальные и теоретические предпосылки современной физической теории | 16 |
| Субъективно-идеалистическая сущность эмпириокритицизма и метафизическая ограниченность современной неопозитивист- ской методологии науки | 26 |
| Глава II. Основные черты диалектико-материалистического обоснования методологии современного физическо- го познания | 59 |
| Своеобразие диалектико-материалистического подхода к мето- дологии естественнонаучного (физического) познания | 60 |
| Особенности физического (теоретического) познания в условиях индустриального эксперимента | 74 |
| Глава III. Гносеологические и методологические особенности современной физической теории | 92 |
| Категориальный аппарат и проблема диалектического противो- речия в структуре релятивистской и квантовой механики | 92 |
| Основные понятия общей теории относительности и альтернатив- ность их гносеологического содержания | 126 |
| Физика элементарных частиц, специфика ее понятий. Основные направления ее методологического обоснования | 146 |
| Заключение | 178 |
| Краткий словарь | 188 |

Владимир Спиридонович ГОТТ
Валерий Григорьевич СИДОРОВ
ФИЛОСОФИЯ И ПРОГРЕСС ФИЗИКИ

Гл. отраслевой редактор З. Каримова
Редактор О. Проценко
Мл. редактор И. Игнатьева
Художник А. Шиманец
Худож. редактор М. Гусева
Техн. редактор А. Красавина
Корректор Н. Мелешкина

ИБ № 7567

Сдано в набор 14.05.85. Подписано к печати 19.12.85. А 14036. Формат бумаги 84×108^{1/8}. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 10,08. Усл. кр.-отт. 10,40. Уч.-изд. л. 10,75. Тираж 20 000 экз. Заказ 5-400. Цена 60 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 851 813.

Киевская книжная фабрика, 252054, Киев-54, ул. Воровского, 24.

60к.