

**ЛЕНИН
И СОВРЕМЕННОЕ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МЫСЛЬ»

В данной книге показывается, что философские идеи В. И. Ленина играют творческую роль в исследованиях современных проблем естествознания при разрешении методологических и мировоззренческих вопросов наук о природе наших дней. Статьи книги представляют собой оригинальные исследования, стимулированные идеями В. И. Ленина.

Большая часть книги посвящена рассмотрению философских аспектов современной физики, астрономии, наук о Земле, кибернетики. Значительный интерес представляет выяснение философских проблем генетики и сущности жизни.

В свете философских идей Ленина в книге обсуждаются перспективы развития наук о природе, анализируется проблема синтеза современного научного знания, освещаются вопросы истории естествознания.

В создании книги приняли участие видные советские философы и естествоиспытатели, а также крупные зарубежные ученые.

ЛЕНИН
И СОВРЕМЕННОЕ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

**Ленин
и современное
естествознание**



ЛЕНИН И СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Ответственный редактор
М. Э. ОМЕЛЬЯНОВСКИЙ

Издательство «Мысль»
Москва • 1969

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ФИЛОСОФСКИМ ВОПРОСАМ
СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
ИНСТИТУТ ФИЛОСОФИИ

ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ
И СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Редакционная коллегия:

В. А. АМБАРЦУМЯН, Д. И. БЛОХИНЦЕВ, Я. И. ГЕРАСИМОВ,
В. М. ГЛУШКОВ, Б. В. ГНЕДЕНКО, Н. И. ГРАЩЕНКОВ, Б. М. КЕДРОВ,
И. В. КУЗНЕЦОВ, М. Э. ОМЕЛЬЯНОВСКИЙ, В. Н. СТОЛЕТОВ,
В. А. ФОК, Е. В. ШОРОХОВА, Д. И. ЩЕРБАКОВ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Столетие со дня рождения В. И. Ленина отмечают рабочий класс и трудящиеся всего мира, все прогрессивное человечество, советские и зарубежные ученые. Международная организация по вопросам просвещения, науки и культуры при ООН (ЮНЕСКО) официально примет участие в праздновании юбилея Ленина.

Настоящая книга, посвященная современным проблемам естествознания в свете идей Ленина, является не только данью памяти крупнейшего государственного деятеля и гениального ученого-мыслителя, но также показывает, что идеи Ленина и наука нашего времени нерасторжимы.

Труды Ленина — огромная творческая сила. Они духовно вооружают человечество в борьбе против всяческого угнетения и рабства. Кажущиеся абстрактными философские положения Ленин соединил с революционной деятельностью самого революционного в истории класса и раскрыл выдающееся значение созданного Марксом и Энгельсом и развитого им диалектического материализма для всех отраслей науки. Нет необходимости в предисловии писать об этом подробно; сами ученые, авторы предлагаемой книги, сказали по-своему и конкретно о влиянии ленинских идей на развитие, перспективу и историю науки, на формирование современного научного мировоззрения, на методологию и дух современного естествознания.

Каждый автор — виднейший специалист в той области науки, осветить проблемы которой он взял на себя труд. Среди авторов — и выдающиеся творцы современной науки о природе. Тем более ценен и представляет особый интерес тот факт, что все они видят в диалектическом материализме основу для понимания философских вопросов, выдвигаемых современным развитием естествознания.

Марксизм не догма, а руководство к действию — эту мысль любил повторять Ленин, и она определяет подход к исследованию тех проблем, о которых рассказывается в книге. Понятно, что у авторов не совпадают полностью взгляды по определенным вопросам, относящимся к философии и методологии современного естествознания. Конечно, те или другие проблемы и отдельные положения, о которых говорится в книге, требуют

дальнейшего творческого обсуждения. Марксистско-ленинская философия — философия живая, развивающаяся и обогащающая свое содержание с каждым великим открытием в науке, и мы выражаем надежду, что в книге это показано достаточно рельефно и убедительно.

Раздел 1

**ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ
ФИЛОСОФИИ, МЕТОДОЛОГИИ
И ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

ИДЕИ ЛЕНИНА
И МЕТОДОЛОГИЯ
СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

В условиях современной научно-технической революции по мере возрастания роли естествознания в развитии производства, по мере все большего разветвления и взаимопроникновения наук, необычайно быстрого накопления научной информации неуклонно усиливается потребность в философском обобщении и истолковании новых научных данных, а соответственно и интерес к методологическим проблемам. основополагающие принципы решения этих проблем и сегодня мы находим в идейном наследстве В. И. Ленина.

Под воздействием совершающегося в последнее время бурного прогресса научного познания основные методологические идеи Ленина не только не устаревают, но напротив, приобретают все возрастающую значимость и актуальность. Это объясняется прежде всего гениальной прозорливостью мыслителя-

диалектика В. И. Ленина в определении существа глубоких революционных преобразований и главных тенденций развития современной науки. В фундаментальных трудах «Материализм и эмпириокритицизм», «Философские тетради» и других не только философски обобщается целая эпоха в развитии науки, но и формулируются исключительно важные методологические прогнозы будущего прогресса науки. Все более очевидной становится, например, вся фундаментальность и растущая важность для методологии современной творческой физики ленинской идеи о неисчерпаемости электрона. Актуальность для современной науки ленинских идей раскрывается самой объективной логикой развития науки.

Нынешняя революция в естествознании — это продолжение той революции, которая началась в первые годы XX в. Результаты начального этапа революции были обобщены В. И. Лениным; оказалось, что эти принципиальные обобщения имеют и сейчас руководящее значение для методологии науки. Действительно, по мере развития науки ленинские положения о необходимости диалектики для физики, о неисчерпаемости материи, соотношении абсолютной и относительной истины и другие продолжают оставаться и в наши дни актуальными. Более того, то, что было применимо преимущественно к физике, распространяется на другие области знаний. И философия, конечно, должна учитывать в своих категориях все это неуклонно увеличивающееся богатство содержания современной науки.

Начавшаяся с победы Октября новая эпоха в истории социального прогресса необычайно ярко демонстрирует диалектику общественного развития. Вместе с тем в истории науки эта эпоха характеризуется укреплением и развитием творческого союза диалектического материализма и естествознания, который был провозглашен В. И. Лениным.

Прогресс естествознания и развитие диалектического материализма

Если ориентироваться на защищаемый всеми подлинными марксистско-ленинскими партиями творческий дух идей Ленина в области методологии науки, то необходимо признать, что существо ленинских заветов в области методологии заключается в призыве диалектически развивать материалистическую философию в соответствии с достижениями научного познания мира и практики.

В. И. Ленин постоянно подчеркивал, что догматизм, застой мысли приводят неизбежно к узколобому сектанству, вульгаризаторским попыткам подменить научный анализ сегодняшней действительности лозунгом вчерашнего дня, к отрыву от реаль-

ности, авантюризму в теории и практике. Влиять на развитие науки философия может, лишь творчески совершенствуясь применительно к требованиям бурно прогрессирующего естествознания наших дней. Конечно, нельзя решить эту задачу без разработки собственно философских проблем, без анализа философских понятий и глубокого изучения истории познания, истории философии. Но в данном случае речь о том, как обеспечить наиболее плодотворное взаимодействие материалистической философии и естествознания в условиях современной научно-технической революции. Естественно, что при этом большое внимание уделяется стародавнему вопросу — выяснению взаимоотношения философии и естествознания в историческом и логическом плане. И главное здесь в том, каким способом диалектический материализм может содействовать дальнейшему прогрессу естествознания, как успехи фундаментальных наук могут быть использованы для развития и обогащения самой материалистической философии.

На современном этапе в решении этих проблем все большее значение приобретает анализ фактических достижений естествознания, реальных процессов взаимодействия философов с естествоиспытателями, а также перспектив их крепнущего сотрудничества. Для всемерного повышения действенности союза естествознания и философии исключительно важно верное понимание самого процесса развития диалектического материализма, понимание того фундаментального факта, постоянно подчеркиваемого В. И. Лениным, что подлинное совершенствование марксистской философии осуществляется на базе самих исходных принципов материализма и диалектики, в борьбе со всеми и всяческими формами буржуазной идеологии.

В связи с этим иногда ставят вопрос: можно ли говорить, что творческий подход к философии предполагает в конечном счете замену диалектического материализма каким-то старым или новым «измом»? Ясно, что такая постановка вопроса несостоятельна. Она противоречит опыту жизни. Чтобы научно развивать философию в XX в., надо развивать именно диалектический материализм.

Принципиально чужды научному познанию попытки отрицать такие основные положения материализма, как, например, положение о первичности материи, и теории отражения. При этом нельзя противопоставлять категории и понятия, выработанные современным естествознанием, основным положениям и категориям диалектического материализма. Реакционные философы, как и прежде, пытаются пересмотреть понятие материи, пытаются отрицать его объективный характер. Они противопоставляют широко распространенный в науке и исключительно плодотворный метод моделирования теории отражения. Понятия информации, обратной связи стремятся столкнуть с диалек-

тическими понятиями взаимосвязи, взаимодействия, понятие о материальном объекте вытеснить понятием структуры и т. д. Надо всесторонне рассматривать соотношение понятий естествознания и категорий диалектического материализма. Учитывая прогресс конкретных наук, важно, однако, развивать основы диалектического и исторического материализма, при этом не следует забывать о необходимости защищать марксистскую философию, усиливать борьбу с буржуазной идеологией.

Марксистское положение об абсолютной и относительной истине полностью применимо, конечно, и к самой философии. Ведь, как указывал еще Ф. Энгельс, чем сложнее область знания, чем дальше мы отходим от непосредственных материальных объектов, тем меньше мы видим абсолютных истин. Однако бесспорно, что философия материализма за многие века выработала ряд принципов, которые служат основой для дальнейшего развития знания. Мы были бы закоренелыми догматиками, если бы не видели относительности многих конкретных положений философии и не понимали необходимости их развития или уточнения. Но мы впали бы в релятивизм и в конечном счете в идеализм, если бы допустили, что развитие философии предполагает отрицание ее основ, незыблемых принципов. Такие принципы есть. На них мы стоим и стоять обязаны в интересах самого научного знания, в интересах истины.

Известно положение Ф. Энгельса (которое разъяснял и развивал В. И. Ленин) о том, что с каждым крупным открытием в области естествознания, не говоря уже об общественной жизни, материализм должен принимать новую форму или изменять свою форму. Но при этом и Энгельс и Ленин имели в виду, конечно, не вообще крупные открытия, которые делаются каждый год. Речь идет об открытиях, коренным образом преобразующих наши представления о реальности. Именно такие эпохальные открытия обогащают материализм.

Таким образом, в важном деле подлинно научного развития философии под воздействием новых научных данных и практики, как и во всяком серьезном деле, совершенно недопустим легковесный сенсационный подход с его шараханьем из одной крайности в другую, с его склонностью бездумно пересматривать даже основы нашего мирозерцания, глубоко не анализируя при этом лежащие в основе такого пересмотра факты, находясь подчас под минутным влиянием преходящих моментов развития познания и самой реальности. Но дело не только в этом. Необходимо подчеркнуть, что научное развитие материализма предполагает не только сохранение, но и укрепление его содержания. Как образно сказал В. И. Ленин, марксистская философия целостна, «вылита из одного куска стали».

Было бы неверно ставить вопрос таким образом: поскольку Маркс в знаменитых «Тезисах о Фейербахе» раскритиковал ста-

рый материализм прежде всего за его созерцательность, за недооценку активной деятельности субъекта и поскольку в XX в. масштабы и роль этой деятельности в преобразовании бытия несоизмеримо выросли, то вообще-де надо отказаться от понимания мира как объективной реальности и трактовать его как деятельность. Будет ли это развитием научной философии? Можно со всей определенностью ответить на этот вопрос отрицательно.

Достроив материализм «доверху», т. е. обосновав материалистическое понимание не только природы, но и общественной жизни, К. Маркс доказал, что общественная жизнь является по существу практической, и провозгласил практику основой истории и человеческого познания, критерием истины. В начале нашего века В. И. Ленин в замечательных книгах «Материализм и эмпириокритицизм» и «Философские тетради» развивает эти положения. Продолжая марксистско-ленинскую линию, мы, материалисты второй половины XX в., должны сказать: сколь бы могучей ни становилась человеческая деятельность по своим преобразующим среду потенциям, мир никогда не сведется к этой деятельности. Ведь деятельность — это активное отношение человека к окружающей реальной обстановке. Эффективность деятельности связана с умением субъекта глубоко отразить объективную действительность. Забвение этого фундаментального требования материализма неизбежно ведет к волюнтаризму и авантюризму.

Наука действительна лишь постольку, поскольку она верно отражает и сегодняшнее состояние, и тенденции дальнейшего развития объективной реальности. Характеризуя эту сторону дела, можно остановиться на одном распространенном недоразумении. Часто цитируют известное изречение из «Философских тетрадей»: «Сознание человека не только отражает объективный мир, но и творит его», но при этом не обращают внимания на то, что в данном случае Ленин резюмирует мысли Гегеля о переходе идеи, понятия в практическое действие. Материалистическое понимание этого положения состоит, по Ленину, в том, «что мир не удовлетворяет человека, и человек своим действием решает изменить его»¹. Мы не выполнили бы ленинский завет о материалистической переработке Гегеля, если бы смешали идеалистические высказывания Гегеля с их материалистической интерпретацией.

Имеет ли силу такой аргумент, что-де может существовать лишь диалектика «очеловеченной природы», т. е. природы, которая освоена человеком, и переносить результаты этой диалектики на всю природу неправомечно? Полемизируя с такой постановкой вопроса, Ленин еще шестьдесят лет назад показал,

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 195.

что основывающийся на всем опыте человечества тезис о материальности мира может с полной правомерностью распространяться на весь мир, т. е. и на те его области, куда еще не проникли практика и познание.

Иногда возникают ошибки при анализе современного состояния вопроса о соотношении материализма и гуманизма. Нельзя противопоставлять их друг другу или заменять первый вторым. Было бы неверно утверждать, что современному естествознанию, проникшему в космос и микромир, приближающемуся к синтезу живого белка, раскрытию тайн клетки и создавшему логические машины, отвечает мировоззрение натуралистического гуманизма, а не материализма. Подлинный гуманизм может основываться лишь на подлинном материализме. Всякий же иной подход в этом вопросе ведет к отступлению от материализма научного, диалектического, к материализму донаучному, антропологическому. Критикуя Фейербаха и в известной мере Чернышевского за антропологизм, абстрактное учение о человеке, В. И. Ленин показал, что последний есть лишь бледный и слабый очерк материализма¹. Подлинно научное решение проблемы усиления связи субъекта и объекта в современной науке заключается не в возврате к материализму XIX в., а в развитии учения о человеке (субъекте) в свете материализма XX в.

Говоря о развитии материализма, важно заметить, что и Энгельс и Ленин имели в виду пересмотр под влиянием крупнейших открытий не самих принципов материализма, а положений, связанных с философскими обобщениями естествознания. В этом отношении, как известно, Ленин и употреблял слово «ревизия». Конечно, когда мы говорим о развитии марксистской философии, имеется в виду и развитие ее основных положений, развитие законов и категорий, а также понимание их взаимосвязи, т. е. речь идет о развитии метода или всеобщей методологии, а также о развитии мировоззренческих основ науки. При этом самое главное для философов — это материалистическое истолкование в сотрудничестве с естествоиспытателями тех новых данных и понятий, которые дает естествознание.

Для подтверждения этого тезиса целесообразно привести некоторые примеры. Рассмотрим понятие структуры, которое сейчас занимает одно из важнейших мест в естествознании и науке вообще и которое, как известно, отражает характер связи элементов некоторой целостной системы. Конечно, можно было бы просто прибавить эту категорию к другим философским категориям и ограничиться таким «развитием» диалектического материализма. Или можно было бы объявить эту категорию только естественнонаучной, не имеющей отношения к философии, и

¹ См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 64.

вести по-прежнему перечень философских категорий вне зависимости от того, что появилась такая категория. Однако опыт истории философии показывает, что развитие материализма шло не таким образом — и не путем механического включения естественнонаучных категорий в философию, и не путем их игнорирования.

В этой связи возьмем эволюцию понимания материального объекта под углом зрения диалектики его формы и содержания.

В античной философии, например у Аристотеля, форма понималась как активная сторона, создающая, творящая, формирующая, материя же — это, так сказать, пассивная сторона. В период же преобладания механистического мировоззрения форма стала толковаться как внешняя оболочка, как конфигурация материального объекта, не имеющая связи с его внутренней сущностью, с его структурой.

Диалектический материализм совершенно иначе поставил проблему формы и содержания, и понимание материального объекта стало гораздо более глубоким: форма стала рассматриваться не как внешняя оболочка, а как внутренняя структура содержания. Если взять классические произведения марксизма, то мы можем проследить, что понятие структуры было очень удачно и эффективно применено к анализу социальных явлений. И это произошло задолго до того, как в естествознании наших дней понятие структуры приобрело существенное и всеобщее значение.

Так, для К. Маркса в «Капитале» понятие экономической структуры общества — это, можно сказать, основа теоретического анализа. На этой базе в марксизме развиты и проанализированы такие понятия, как социальная и классовая структура общества. Сейчас невозможно вообще анализировать общественные явления, не используя выработанные марксизмом понятия социальной структуры, классовой структуры, экономической структуры общества. И когда буржуазные социологи приписывают себе «открытие» понятия структуры в виде структурного или структурно-системного подхода и т. д., то это, вообще говоря, не отвечает действительному положению вещей.

В наши дни диалектико-материалистическое исследование понятия структуры продолжено совместными усилиями естествоиспытателей и философов-материалистов. Можно сослаться, например, на труд «Структура и формы материи», выпущенный Академией наук СССР в 1967 г. в качестве очередного тома серии «Диалектический материализм и современное естествознание».

Далее, когда речь идет о методологическом анализе связанных с кибернетикой понятий информации, обратной связи, то задача состоит в том, чтобы сопоставить эти понятия с развитием философских категорий, и прежде всего таких категорий,

как взаимодействие, взаимосвязь, которые характеризуют очень сложные взаимоотношения объектов во всех областях материального мира. Здесь обширное поле для творческих исследований.

В последние годы приобрели большое значение философские работы по моделированию. В связи с этим важно иметь в виду, что нет никаких оснований для противопоставления моделирования теории отражения. Речь идет о другом — о том, что философия должна учесть этот бурный процесс развития современной науки, процесс рождения новых понятий, новых концепций и, как говорил В. И. Ленин, сладить с этими концепциями, с этими теориями, сладить в том смысле, чтобы их правильно интерпретировать, обобщить и осмыслить. А это возможно именно благодаря объективной гибкости диалектико-материалистической философии, не переходящей, конечно, в релятивизм. Вот почему невозможно сейчас анализировать и представлять философские категории так, как это делалось в XIX и в начале XX в.

И философы и естествоиспытатели должны взаимно обогащать друг друга. Философы должны учитывать в законах, категориях движение современного знания. Естествоиспытатели же должны не противопоставлять категории той или иной специальной науки философским категориям, а видеть их взаимосвязь.

Было бы опасно, если бы мы допустили обособление и разрыв в применении категорий естествознания и философии. От этого проиграли бы и философия и естествознание. В самом деле, философия оторвалась бы от науки. Она была бы обречена на схоластику и перестала бы играть какую бы то ни было активную роль в развитии современных знаний. С другой стороны, в естествознании категории специальных наук имели бы лишь техническое значение. А с этим связана опасность проникновения реакционной идеологии, когда содержательное научное мировоззрение подменяется категориями чисто формального порядка. Кроме того, в этом случае естествознание утратило бы методологический аппарат научного познания в целом. Конечно, каждая наука имеет свои теоретические обобщения. Есть науки, которые служат орудием обобщения для целой группы различных отраслей естествознания. Но не видеть их связи и взаимодействия с общеподлинными категориями — это значит потерять очень ценное преимущество, которое дает философия, а именно ее методологический аппарат, обогащаемый в процессе разработки методологических вопросов естествознания.

Подобно тому как В. И. Ленин, исходя из творческого духа диалектического материализма, дал глубоко научную философскую трактовку революции в естествознании начала XX в., так

в наши дни на этой же развитой теоретической базе вырабатывается верное представление о современном научно-техническом перевороте.

Роль методологии в развитии современного естествознания

При рассмотрении проблемы взаимодействия диалектико-материалистической философии и естествознания на первый план выступает единство мировоззренческо-теоретической и логико-методологической сторон философских исследований. Когда говорят о перспективах развития последних, нередко противопоставляют и даже разрывают мировоззрение и логику, методологию. Делая же упор на методологические проблемы науки, подчас недооценивают, а то и вовсе отрицают значимость мировоззренческих основ науки и мировоззренческих выводов из ее развития.

Вполне понятно, что вопросы трактовки понятия материи, трактовки понятия закона в свете современных данных естествознания, классификации видов материи в природе и соответственно классификации наук не утрачивают своей важности в теоретическом и идеологическом аспектах. Более того, сами исследования в области методологических вопросов естествознания не могут быть успешными, если они не будут опираться на прочный мировоззренческий фундамент. Ведь в методе резюмируется философская теория. Поэтому эффективность метода существенно зависит от мировоззренческой сути той теории, которую метод резюмирует. Единство диалектического метода и материалистической теории — незыблемая база научности нашей философии. Именно из этого тезиса исходя можно рационально осмыслить тот факт, что на современном этапе на передний план перед философами в естествознании выступают вопросы методологии науки. Существо этой тенденции определяется не умалением роли мировоззрения, но лишь характеризует более сложное опосредованное внедрение мировоззрения в саму ткань естествознания прежде всего через посредство методологии.

Возрастание роли методологии — общепhilosophического учения о методе практического действия и научного познания — определяется двумя объективными обстоятельствами.

Во-первых, рост знаний предполагает не только все большее теоретическое овладение объектом познания, но и накопление информации о самом познавательном процессе. Все большее значение приобретает «наука о науке», в центре внимания которой, естественно, стоят вопросы методологии, касающиеся путей наиболее эффективного познания мира.

В решении этих проблем было бы просто неправильно не использовать тот богатейший опыт разработки методов, который содержится в философии материализма и в рациональных элементах идеалистических учений. Ведь, как писал Ф. Энгельс, «даже формальная логика представляет собой прежде всего метод для отыскания новых результатов, для перехода от известного к неизвестному...»¹. С неизмеримо большим основанием это относится к диалектике и вообще к современным приемам логического анализа. Таким образом, сам рост знания, развитие в нем новых тенденций формализации, математизации и т. п. требуют анализа логики науки под философским углом зрения.

Во-вторых, возрастание роли методологии в современной науке связано также с крушением еще в XIX в. спекулятивного умозрительного подхода старой натурфилософии. В прежние времена влияние натурфилософии на естествознание было исторически оправданно, неизбежно и до поры до времени плодотворно. В древнем мире не было экспериментальных данных для создания атомистической теории, поэтому она была сформирована натурфилософским способом. Таким образом, философия так или иначе восполняла те проблемы — иногда плохо, иногда хорошо, — которые были в естествознании.

Но в XIX в. пришел конец натурфилософии, ибо естествознание настолько стало на свою собственную базу, что в решении специальных вопросов естествознания натурфилософия уже не нужна. Мы говорим о конце натурфилософии не в том смысле, что природа перестала быть объектом философского мышления. Так могут ставить вопрос позитивисты, а не сторонники материалистической диалектики. Наиболее общие законы бытия, в том числе, стало быть, и наиболее общие законы развития природы, были и остаются предметом материалистической диалектики. Мы считаем бесспорным, что есть диалектика природы, есть философия естествознания, или, как мы чаще сейчас называем, философские проблемы естествознания. Но мы отрицаем натурфилософию в специфическом смысле — именно как метод решения естественнонаучных проблем путем одних только философских умозаключений.

Натурфилософский подход к методологическим вопросам естествознания неизбежно связан с навязыванием естествознанию той или иной концепции. Это в определенных условиях становится декретированием. Мы знаем, к чему ведет такое декретирование в методологических вопросах естествознания. Некомпетентное вмешательство некоторых философов в науки о природе имело неприятные и тяжелые последствия — нездоровые взаимоотношения между философами и представителями

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 138.

естествознания. Все хорошо помнят наскоки некоторых философов на теорию относительности, кибернетику, генетику и т. д. Такое вмешательство и, стало быть, натурфилософский подход, который несовместим сейчас с действительно плодотворным взаимодействием диалектического материализма и естествознания, были осуждены. Натурфилософский подход — это дискредитация философии, и нельзя допустить сейчас какого-либо возрождения такого подхода и позволить такую дискредитацию.

Воздействия, которое философия оказывает на естествознание, осуществляется прежде всего через мировоззрение и научную методологию. Правда, есть еще отдельные философы, которые считают, что само понятие методологии есть буржуазное измышление, махистское или еще того хуже. Это, конечно, недоразумение, которое может принести большой вред, ибо отрицание методологической роли философии в отношении естествознания потянуло бы нас снова к возрождению натурфилософского подхода.

Известно, какое огромное значение придавал В. И. Ленин диалектико-материалистическому методу Маркса при анализе социальных явлений. «Выработка новой методологической и политико-экономической теории,— писал он,— означала... гигантский прогресс общественной науки... колоссальный шаг вперед социализма...»¹

Столь же важную роль отводил Ленин марксистской методологии и для естественных наук. Диалектический материализм как методология естествознания помогает правильному обобщению и истолкованию новых данных науки. В настоящих условиях, когда естествознание напряженно ищет новую обобщающую теорию, новые идеи, особенно важно обратить внимание на методологические вопросы. Именно в этом путь к обогащению и развитию диалектического материализма и в этом главное его воздействие на развитие науки. Не понимать сейчас этого — значит не понимать ни активной роли философии, ни путей ее творческого развития.

В последние годы полнее и глубже раскрывается громадное значение ленинского философского наследия для современного естествознания, подведены итоги творческих обсуждений принципиальных философских проблем квантовой механики, теории относительности, некоторых методологических вопросов космологии, кибернетики, роли физики и химии в исследовании биологических процессов, а также проблем происхождения жизни, соотношения физиологии высшей нервной деятельности и психологии и др. Это позволило лучше осмыслить величайшие достижения современного естествознания с позиций подлинно научной философии — диалектического материализма.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 1, стр. 275.

В ряду философских вопросов современного естествознания все большее значение приобретает проблема взаимосвязи наук. По существу это проблема единства мира и специфических особенностей различных его областей, а сообразно с этим единого древа научного познания и качественного своеобразия различных отраслей науки. Изумительные достижения современной науки необычайно углубили и расширили человеческие знания. Проникновение в область микропроцессов и овладение атомной энергией, с одной стороны, прорыв в космос и новый этап в изучении Вселенной — с другой, — наиболее яркие показатели этого процесса. В то же время происходит самое тесное переплетение различных наук, их взаимопроникновение. Исследование этого процесса философами и естествоиспытателями имеет большое теоретическое и практическое значение.

В истории естествознания выступают две прямо противоположные и, казалось бы, взаимоисключающие тенденции: одна состоит в раздроблении и разветвлении наук, в их дифференциации, другая, напротив, в стремлении объединить разобщенные науки в общую систему научного знания, т. е. в их интеграции. Первое время обе тенденции действовали независимо, хотя и обуславливали до известной степени друг друга. На различных этапах научного прогресса брала верх то та, то другая из них. В современном естествознании наблюдается их органическое единство: чем дальше идут дифференциация и разветвление наук, тем более слитным, цельным, как бы сцементированным становится само естествознание.

Объясняется это тем, что вновь возникающие в настоящее время науки не только не углубляют, как это было раньше, разобщенность наук между собой, но наоборот, ликвидируют ранее существовавшую их взаимную обособленность. Если еще в середине прошлого века физика и химия были разобщены, то физическая химия — новая наука, возникшая в конце прошлого века, — соединила их, причем настолько тесно, что обе науки буквально стали проникать одна в другую: бывшая резкая граница между ними исчезла. Относительно множества процессов в настоящее время даже невозможно сказать: физические они или химические, так как одновременно они являются и тем и другим. Возникшая уже в нашем веке химическая физика образовала еще один важный узел соприкосновения физики с химией, в котором обнаруживаются их глубокая связь и взаимный переход.

То же самое происходит и на грани между химией и биологией, с одной стороны, химией и геологией — с другой, т. е. в тех пунктах, где химия соприкасается с наукой о живой н.

наукой о неживой природе. Биохимия, геохимия, биогеохимия — все это такие отрасли знания, возникновение которых в порядке дальнейшей дифференциации наук не только не усиливало их разобщения, но напротив, вело к их взаимопроникновению. Диалектика развития научного познания выступает, таким образом, в форме взаимной обусловленности двух противоположных тенденций — дифференциации и интеграции знаний. Это одна из самых характерных черт современного естествознания.

Растущее взаимное переплетение наук объясняется тем, что естествознание все глубже и глубже проникает в диалектику природы. Научное познание является отражением объективно существующего предмета со всеми его свойствами и присущими ему закономерностями. Взаимосвязь различных отраслей современного естествознания есть проявление объективных связей природы. Взаимное проникновение современных естественных наук свидетельствует о том, что природа в своей основе едина, представляет собой единство многообразного: ни одна ее область не изолирована от остальных, а находится с ними или в прямой, или в опосредованной связи, соединяясь тысячами различных нитей, переходов, превращений.

Чтобы понять, каким образом взаимопроникновение наук отражает единство природы, следует учесть, что вся природа выступает перед нашим мысленным взором как последовательный ряд ступеней развития материи и форм ее движения, начиная от наиболее простых и известных и кончая человеком и выходям вместе с ним процесса развития из рамок собственно природы и переходом в область истории общества. Все более сложные формы движения и виды материи вплоть до человека исторически возникли и развились из более простых, физических форм движения и видов материи. При этом каждый раз совершались глубокие качественные изменения, диалектические скачки при переходе от одной ступени развития к другой, более сложной или более высокой.

Общезвестно, что прогресс современного научного познания тесно связан с дифференциацией последнего. Все время идет процесс возникновения не только новых научных направлений, но и новых научных дисциплин. В век бурного нарастания количества научной информации такая специализация и наук и ученых неизбежна и оправданна. Она помогает поднять производительность исследовательского труда. В то же время было бы глубоким заблуждением не видеть теневых и даже опасных для науки тенденций чрезмерной специализации.

По диалектическому закону противоречия рост дифференциации знаний порождает потребность в синтезе наук, способном преодолеть раздробленность научных дисциплин. Вполне очевидно, что в нашу эпоху речь идет о более широком синтезе знаний, охватывающем не только естественные, но и обществен-

ные науки. Внедрение точных методов в общественные дисциплины приобретает особую значимость для социалистических стран, совершенствующих свою экономику на научных началах.

Сама по себе тенденция сближения и даже в известном смысле сращивания естественных и общественных наук исключительно важна именно в философском плане. Ведь старая философия на разных этапах и в разных формах молчаливо признавала или даже провозглашала разрыв общественности и естествознания. У Гегеля принцип развития имеет место в обществе, но не действует в природе. У Фейербаха материализм в понимании природы сочетается с идеализмом в понимании общества. В наиболее острой форме этот разрыв сформулировали неокантианцы, для которых науки о природе — это науки о законах, а науки об обществе — это науки, описывающие индивидуальные по своему характеру и неповторимые явления. Диалектический материализм сломал этот философский барьер, поставив общественное знание на научную почву, и стал орудием преодоления противоречия между развитием естествознания и общественных наук.

Взаимодействие наук становится важнейшим фактором их развития. Современное естествознание дает могучий стимул для роста общественных наук. Взгляды об объективности законов в естествознании утвердились ранее, чем в общественных науках. Идея изменчивости, развития, превращения явлений упрочилась в биологии, геологии, физиологии раньше, чем проникла в обществоведение. Методы точного количественного анализа общественные науки также получили от естествознания и техники. Но с другой стороны, философия и общественные науки не только выявляют наиболее благоприятные условия научно-технического прогресса, не только помогают устранить мешающие ему преграды, но и обогащают естествознание плодотворными идеями и понятиями.

Идея закономерности развития, изменения в философии была высказана еще за много веков до того, как она была принята в естествознании. Атомистическая теория философски также была выражена на целые тысячелетия раньше, чем получила вид естественнонаучной теории и была экспериментально доказана. Идея статистических закономерностей прочно вошла в социологию раньше, чем была утверждена в физике микромира.

Блестящим примером воздействия философии на естествознание является вся история диалектического материализма. В прошлом веке среди физиков еще господствовали представления об «абсолютном пространстве» и «абсолютном времени» как о внешних формах, оторванных от материи и друг от друга, а диалектический материализм убедительно доказал, что про-

страпство и время неразрывно связаны с материей и друг с другом. Перед естествознанием в начале XX в. еще только встал вопрос о сложности строения атома, большинство ученых еще писали об электроме как о последней, неделимой, «абсолютно неизменной сущности мира», а великий диалектик Ленин уже сделал вывод, что нет никаких последних, конечных, неизменных, неделимых сущностей, что материя неисчерпаема вглубь; электрон так же неисчерпаем, как и атом.

Проблема взаимосвязи наук — это проблема единства мира и качественного своеобразия различных его областей. Отсюда вытекает большой важности методологический вопрос о единой основе научного познания и специфических особенностях предмета и метода отдельных наук.

На данном этапе развития естествознания анализ взаимоотношений наук имеет актуальное теоретическое и практическое значение. Без правильного понимания роли и места отдельных наук в общей системе современных знаний, без точного уяснения принципов, на основе которых разные науки объединяются друг с другом и соотносятся с другими отраслями знания, нельзя избежать многих серьезных трудностей, столкновений и тяжелых отрицательных последствий. Недооценка общих закономерностей природы, чрезмерное обособление наук ведет к тому, что успехи на одних участках научного знания не используются для продвижения на других участках.

Таким образом, то, что может быть сравнительно легко и быстро достигнуто при разумной кооперации усилий, достигается путем длительной и трудной работы, если науки отделены друг от друга. С другой стороны, игнорирование качественного своеобразия наук, грубое и часто некомпетентное вмешательство представителей одной науки в дела другой без учета специфических особенностей последней чревато ненужными столкновениями и нередко ведет к напрасной трате сил, нервов и времени.

При отсутствии правильного методологического подхода к вопросам взаимоотношения наук бурные успехи в одной отрасли науки могут породить тенденции не только не способствующие развитию других отраслей, но даже тормозящие их. Диалектика учит, что в результате качественных изменений возникают новые закономерности, которые нельзя отождествлять с закономерностями более простых форм движения или сводить к ним. Без учета качественного своеобразия явлений и их специфических закономерностей не может быть научного познания.

В философском плане большое значение имеет разработка категории закона, закономерности. Исследование проявлений категории закона как на материале наук о природе, так и на материале наук об обществе имеет, вполне понятно, одинаково

важное значение. Для многих ученых буржуазных стран, как известно, характерно противопоставление общественных наук естествознанию путем прямого или косвенного отрицания законов развития общества. Часть историков Запада, подчеркивая только особенности исторических событий, отвлекаясь от сходного, общего, говорят о фактах прошлого, как обладающих полной индивидуальностью, утверждают невозможность проводить генерализацию. Однако гораздо сильнее в среде историков в буржуазных странах стремление к обобщениям той или иной внешней формы исторических явлений безотносительно к конкретно-историческому содержанию.

Такого рода попытки весьма далеки от подлинной науки. Возьмем весьма популярное течение циклизма. Приверженцы циклических концепций (сторонники О. Шпенглера, А. Тойнби) выделяют одни только аналогичные стороны явлений, встречающихся в совершенно различные эпохи, и полностью игнорируют специфическое, особенное в такого рода явлениях. В действительности же сходство, как известно, объясняется спиралевидным характером развития общества, в котором поступательное движение находится в единстве с элементами циклов. Циклисты, фиксируя внимание лишь на одной повторяемости и доказывая отсутствие особенного, отрицают учение об общественно-экономических формациях, социальном прогрессе. Косвенным образом они отрицают действительные закономерности общественного развития.

Концепции циклизма рассматриваются как «действенное оружие» против марксизма. Поэтому исследователи-марксисты должны последовательно разоблачать новых представителей циклизма. Критика циклических концепций особенно важна, так как многим из них присущи пессимистические и апокалиптические настроения. В ходе этой критики существенно также учитывать, что циклисты встречают резкое осуждение со стороны крайне правых элементов буржуазной исторической науки, отвергающих какие-либо закономерности в историческом процессе и утверждающих полную непознаваемость его.

Преодолению антинаучных теорий в общественном знании на современном этапе содействует тенденция ко все усиливающейся сближению естественных и социальных дисциплин. В процессе развития этой тенденции на основе диалектического материализма осуществляется общефилософский синтез знания; таким образом, диалектический материализм служит надежным методом связи естественных и общественных наук. Сама тенденция к синтезу всех естественных и общественных знаний предполагает наличие подлинно синтетической философской базы. Выработка ее, как известно, осуществлялась в сложной и острой борьбе.

Установившийся ко второй четверти — середине XIX в. уровень развития науки определил крушение спекулятивных методов. Продолжавшиеся попытки некоторых философов чисто умозрительно решать возникшие в естественных науках задачи привели к полной дискредитации натурфилософии, что в глазах многих естествоиспытателей подорвало былой авторитет вообще всякого философского мышления. Сложившаяся ситуация в науке породила, как известно, позитивизм. Его родоначальник О. Конт, а за ним и все направления как прошлого, так и современного позитивизма отрицали философию, под которой они понимали по сути дела мировоззренческую сторону философии. Обращение позитивистов к разработке многих формальнологических проблем, включая проблемы опыта, предмета и классификации наук, математической логики, анализа языка науки и многие другие, привлекало к позитивизму широкие круги естествоиспытателей. Вместе с тем позитивисты ограничивали философию указанным кругом проблем, отказывались от рассмотрения мировоззренческих вопросов, которые объявляли «бессмысленными», т. е. «не истинными» и «не ложными».

Одни из позитивистов (например, Э. Мах) были атеистами, однако выступления их против материализма не только делали атеистическую аргументацию весьма шаткой и непоследовательной, но и объективно содействовали теологии. Другие позитивисты (Дж. Ст. Милль, Г. Спенсер, Л. Витгенштейн и др.) более или менее откровенно защищали религиозную веру, критиковали и объявляли вопросы мировоззрения недоступными разуму, уводили их в сферу мистического. Иными словами, позитивисты предлагали естествоиспытателям ограничиться исследованием только фактов (кстати сказать, субъективно-идеалистически истолковываемых), оставляя проблемы природы вещей и причинности мира за пределами естествознания и философии.

Прямо или косвенно такая постановка вопроса отдавала проблемы мировоззрения в полное владение теологам, открывала дорогу томистам, усилившим свое влияние за последнее столетие. Позиция томистов в 50—60-х годах XX в. отличается от установок позитивистов. В настоящее время важная тенденция томистов — это обсуждение ими проблем мировоззрения, сущности бытия, начала и конца мира, возникновения живого, тогда как решение конкретных проблем естествознания они предоставляют ученым. Некоторые богословы, в том числе и томистские, продолжают прежнюю линию религиозных философов и стремятся теологически истолковывать все эпохальные открытия естествознания.

При разработке мировоззренческой стороны философских вопросов естествознания следует большое внимание уделять полемике с современным томизмом как с одним из важнейших,

популярнейших течений буржуазной идеологии. Томизм явно выражает претензию на роль синтетического фундамента всего познавательного процесса. Однако он осуществляет этот синтез на мистических началах, принципиально чуждых науке. Считая, что научное знание нуждается в иррациональных добавках, видный неотомист Э. Жильсон пишет: «Мы не думаем, что наука тождественна рациональному познанию»¹.

Весь опыт развития познания свидетельствует о том, что подлинно научной базой, способной синтезировать естественные и общественные знания, служит последовательно материалистическая философия марксизма-ленинизма. В этом мы убеждаемся не только когда противопоставляем диалектический материализм неопозитивизму, томизму и другим течениям современного идеализма, но и когда сравниваем философский уровень обобщения знания с другими формами и уровнями синтеза научной информации.

Человеческий ум всегда испытывал потребность в синтезе знаний, что отражало само объективное материальное единство мира. Можно сказать, что из этой потребности, если говорить о гносеологических корнях, родилась философия. Без сравнения и обобщения нет науки. Всякий закон науки — это обобщенное отображение явлений. Исторически дело происходило так, что каждая область знания порождала свои обобщения. На определенном этапе большую роль в этих обобщениях сыграла формальная логика, а также математика. Формальная логика, вырабатывая свои понятия и категории, помогала обобщению данных науки. Математика издавна служила средством формализованного описания и обобщения научных истин. В то же время всегда испытывалась нужда в более широком обобщении явлений. Вот почему наряду с формальной логикой и математикой развивались и философские обобщения. И философия, особенно материалистическая философия, выполняла такую синтезирующую роль. Следует отметить, что и классический идеализм сделал немало в разработке философских категорий, помогая тем самым обобщению научных достижений.

Сейчас мы видим, что продолжается бурное развитие тех наук, которые помогают обобщению данных естествознания и в известной мере данных общественных наук. Математика в самых различных ответвлениях теперь играет весьма важную роль не только как способ выражения, описания явлений, но и как метод отыскания новых истин. Логика также получила большое развитие. Появился такой новый мощный инструмент познания, как кибернетика. Квантовая теория служит важным средством обобщения и для физики, и для химии, да и для других естественных наук.

¹ E. Gilson. *God and Philosophy*. New Haven, 1960, p. 113.

Было бы неправильно не видеть громадной роли логического аппарата, математических средств, кибернетики, моделирования в развитии современной науки. Тот философ, который не понимает этого или даже отрицает важность этих средств обобщения, будет отсталым человеком и, кроме вреда, не принесет ничего ни философии, ни естествознанию.

Необходимо подчеркнуть в то же время, что именно благодаря громадному развитию логических и математических средств научного обобщения важно развивать методологический аппарат, т. е. разрабатывать философские вопросы естествознания, обогащать марксистскую философию. Дело в том, что по уровню и способу обобщения математика в ее различных направлениях, кибернетика, формальная логика сами нуждаются во взаимной связи. Математика разбилась на целый ряд разделов, собственно говоря наук. Логика также имеет целый ряд ответвлений (многозначная логика, в которой не соблюдается закон исключенного третьего: модальная логика, нормативная логика, логика оценок, теория логического следования и др.). Стало быть, требуются обобщение и синтез и между самими обобщающими разделами и дисциплинами, и ничто не может дать этого обобщения, кроме разработки философских проблем естествознания и общественных наук, диалектики природы и социальных процессов, диалектического материализма.

И самое главное это то, что математические, логические, кибернетические обобщения не могут дать решения таких проблем, как проблема субъекта и объекта, человека и природы, природы и общества, теории и практики и целого ряда общеметодологических проблем, которыми занимаются именно философия, диалектический и исторический материализм. А без решения этих общих философских проблем логический и математический аппарат имел бы преимущественно техническое значение.

Поэтому разработка общих философских категорий и законов и способствует правильному пониманию и развитию всего обобщающего аппарата современного естествознания, в том числе и каждой науки. Вот почему мы считаем, что философия никоим образом не может брать на себя решение специфических естественнонаучных проблем. Но она не может развиваться без связи с естествознанием, и само естествознание многое потеряло бы, если бы ослаб его союз с философией диалектического материализма.

Залогом дальнейшего успешного развития научного познания является то обстоятельство, что и философы и естествоиспытатели из социалистических стран, а также передовые ученые в буржуазных странах активно содействуют укреплению этого завещанного В. И. Лениным творческого союза.

ДЖОН Д. БЕРНАЛ,
профессор Лондонского университета
(Англия)

ЛЕНИН И НАУКА

Мне хотелось бы привести некоторые выдержки из статьи, которую я написал для «Правды» шестнадцать лет тому назад по случаю двадцать девятой годовщины со дня смерти Ленина: «Экономический анализ, политические указания и тактические советы, содержащиеся в работах Ленина, имеют жизненное значение в той борьбе, которая ведется в наши дни. Не меньшее значение имеет ленинское учение для будущего.

Ленин был величайшим среди крупнейших ученых своего времени по интеллектуальной силе своего мышления, по широте своего кругозора. Там, где другие великие люди видели лишь тот или другой аспект действительности, он видел все. Он видел действительность не как нечто статическое, а в движении; он понял силы, которые определяли это движение, и научился управлять ими. Это со всей ясностью проявилось в том, как он усвоил, овладел, использовал и двинул вперед марксистское наследие.

В тот период, когда молодой Ленин впервые знакомился с работами Маркса и Энгельса, ряд тогдашних философов пытались, с одной стороны, превратить эти работы в окаменевшую, «неприкосновенную» доктрину, считаясь в большей мере с буквой, чем с ее духом, а, с другой стороны, подвергнуть их ревизии, выхолостить действительное содержание этих работ и использовать их для апологии той капиталистической системы, против которой Маркс боролся в течение всей своей жизни¹. Борясь одновременно с этими обеими тенденциями и действуя почти в одиночку, Ленин сумел отстоять марксизм как живую, воинствующую философию, служащую прогрессивному человечеству.

В этой борьбе проявилась вся полнота ленинского овладения научным методом. Уже одна из ранних его работ — «Что такое «друзья народа» и как они воюют против социал-демократов?», написанная в 1894 г., — показывает нам, насколько глубоко овладел Ленин диалектическим методом, разработанным Марксом и Энгельсом.

Ленин показал, что диалектический метод не является формальной схемой, навязанной природе и обществу извне, а что это научный метод в социологии, состоящий в том, что общество рассматривается как живой, находящийся в постоянном развитии организм.

Таким образом Ленину удалось избежать крайностей как догматизма — слепого следования Марксовым текстам, так и ревизионизма — бесцеремонного обращения с этими текстами, имющего целью более тесное сближение марксизма с буржуазными течениями официальной науки того времени.

XX век проходит под знаком сильнейшего влияния ленинского гения не только в области экономики, но и в области естественных наук. Для этого существует много различных, хотя и связанных между собой причин. Во-первых, сам Ленин испытывал глубокий интерес к фундаментальным философским аспектам наук, особенно физических. Он принимал активное участие в большой дискуссии между атомистами и энергетиками в начале нашего столетия, бывшего периодом острых и конструктивных споров, которые в той или иной форме продолжают и сейчас. Во-вторых, Ленин настаивал на существовании тесной взаимосвязи между теоретической наукой и практическими достижениями в технике. И в-третьих, эти ленинские мысли и теории должны были быть воплощены в жизнь в новом, советском государстве, способствуя созданию здесь науки нового типа, тесно связанной с развитием государственной экономики.

¹ «Правда», 21 января 1953 г.

Идеи Ленина, источником которых служило марксистское учение, имели громадное влияние на рост и характер науки прежде всего, конечно, в старой Российской империи. Однако в конечном счете их влияние способствовало преобразованию науки всего мира (включая и наиболее богатую из капиталистических стран — Соединенные Штаты Америки), в значительной степени определяя развитие самой мировой цивилизации.

Во всем этом решающую роль играло личное влияние Владимира Ильича. В юности Ленин, образование которого так часто прерывалось вмешательством полиции, не получил специальных знаний в области естественных наук. С помощью самостоятельного чтения Ленин смог приобрести достаточно широкие знания и в области естествознания. Во всяком случае ему помогало в этом его глубокое понимание марксизма, особенно марксистской идеи единства всего человеческого знания. Ленин схватил основное материалистическое содержание марксизма. Он писал: «Человек в темной комнате может крайне неясно различать предметы, но если он не натывается на мебель и не идет в зеркало, как в дверь, то, значит, он видит кое-что правильно. Нам не нужно поэтому ни отказываться от претензии проникнуть глубже, чем поверхность природы, ни претендовать на то, что мы уже сорвали все покровы тайны с окружающего нас мира»¹.

«Разрушимость атома, неисчерпаемость его, изменчивость всех форм материи и ее движения всегда были опорой диалектического материализма. Все грани в природе условны, относительны, подвижны, выражают приближение нашего ума к познанию материи...»²

«...Природа бесконечна, как бесконечна и мельчайшая частица ее (и электрон в том числе), но разум так же бесконечно превращает «вещи в себе» в «вещи для нас»»³.

В то время, как никогда, наука оказывала очень сильное влияние на развитие цивилизации; но это было лишь одним из звеньев в цепи ее характерных черт, интересующих Ленина. Другим звеном было отношение науки к экономическому развитию России этого периода. Наиболее исчерпывающе Ленин рассмотрел этот вопрос в своем произведении «Развитие капитализма в России» и с меньшей полнотой, но на более широком материале в работе «Империализм, как высшая стадия капитализма».

Иными словами, даже перед революцией 1905 г. он полностью осознавал значение науки как орудия влияния на экономику и социальные события.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 292.

² Там же, стр. 298.

³ Там же, стр. 330.

Возможно, наиболее важным моментом в жизни Ленина была его реакция на поражение революции 1905 г. Оно не повергло Ленина в отчаяние, не толкнуло его к религии или к философским поискам путей отступления. Напротив. Начало XX столетия было переломным пунктом в области естественной науки и философии. Старые дискуссии, разьедавшие XIX век, возобновились в новых формах. Вновь оживляется борьба между материализмом и идеализмом, на этот раз в форме полемики между атомизмом и энергетизмом, а также между эволюционизмом и витализмом.

Ленин никогда не занимался этими дискуссиями походя, между прочим, он всегда вникал в самую суть их. Это был период написания «Материализма и эмпириокритицизма», в котором Ленин характеризует работы Маха, Оствальда, Пуанкаре и Богданова как имеющие общую антиматериалистическую направленность, как оживление давно преодоленных религиозных тенденций, фидеизма. Самого по себе этого обстоятельства еще недостаточно для того, чтобы понять всю страстность ленинской полемики. Помимо этого следует учесть, что указанные течения имели и политический аспект. Они все больше и больше стремились затушевать классовый характер борьбы и были частью общей тенденции политического компромисса периода поражения революции.

Но дискуссии и сами по себе заслуживали внимания. Яркое отражение получили они в «Философских тетрадах» В. И. Ленина. В «Материализме и эмпириокритицизме» Ленин подвергает особенно резкой критике тенденцию так называемых модернистских философов опираться на признание существования иррациональных способов достижения истины. Это открывало дорогу всякого рода пережиткам (чтобы не сказать заблуждениям) и методам, подобным мистическому чувству и даже прагматизму. Новые противоречия в философии многие пытались объяснить банкротством науки, против чего выступил Ленин.

Именно поэтому Ленин высказался против отрицания атомизма и подразумевавшегося под этим отрицания материализма, которые проповедовались позитивистской школой Маха и Оствальда. Новые открытия в физике начала XX столетия, в частности открытие электрона, казалось, означали, что материя имеет всецело электромагнитную природу. Но этот факт многими трактовался слишком пафвно, как бесследное исчезновение материи. Ленин не разделял этой точки зрения, полагая, что термодинамика Карно и Гиббса может быть использована без всякой уступки метафизике. Если поразмыслить над тем, что даже удивительные достижения релятивистской и квантовой физик оказалось возможным последовательно, без особых трудностей уложить в общую картину Вселенной, то становится ясным, что для объяснения относительно менее значитель-

ных открытий физики XIX в. не требовалось больших усилий.

Размышления Ленина относительно будущего науки вскоре были прерваны началом первой мировой войны, которая застала его в Швейцарии, все еще занятого вопросами теории, в том числе философскими проблемами науки и философией марксизма. Все это время он размышлял над стоявшей перед ним проблемой: каким образом наука сможет быть использована при построении нового, социалистического общества? Начиная с этого периода вплоть до победы Февральской революции 1917 г. и своего возвращения в Россию Ленин находится в огне политических и военных событий. Но ни одно мгновение он не забывает об этой задаче. Несмотря на заботы повседневной революционной борьбы и войну с интервенцией, Ленин занят поисками нового типа организации науки.

В своих планах он рассчитывает на старейшие институты Российской императорской академии, в которой осталось много подлинных ученых, стремившихся сотрудничать с новым, социалистическим государством.

Как целое, старая академия трудно поддавалась изменениям не столько из-за злого умысла ее членов, сколько просто из-за их инертности. Я вспоминаю, как в один из моих приездов в Ленинград один старый ученый заметил: «Обычно мы делаем музеи для образованных людей, теперь мы делаем их для детей».

Научные традиции упорно оставались академическими, хотя многие выдающиеся русские ученые сумели подняться выше их. И силой, способствовавшей этому, был энтузиазм, которым Ленин сумел зажечь научную молодежь. В качестве существенно новой задачи была провозглашена связь науки с производством. «Коммунизм — это есть советская власть плюс электрификация всей страны» — таким был известный ленинский тезис. Вместе с тем параллельно провозглашалась и другая программа — поставить саму науку на службу народу. А это уже означало требование планирования науки.

Сама по себе идея планомерного проведения научных исследований подвергалась оскорбительным нападкам представителей капиталистического ученого мира. Ее рассматривали как шокирующее нововведение, липающее науку ее священной свободы. Один из способов, с помощью которых удалось сделать эту идею приемлемой для ученых, заключался в замене старой политики урезывания научных фондов возможно более обильным финансированием исследовательских учреждений. Ленин гарантировал, что любой инициативный, действительно стремящийся к творческим исследованиям ученый получит все необходимые для своей работы средства. И если вначале эта новая, советская политика в отношении науки за границей отрица-

лась, то вскоре ее начали проводить и здесь, и именно она способствовала расцвету «большой науки» второй половины нашего столетия.

Характерным для академических институтов было то, что они превратились в организации нового типа: частично — исследовательские лаборатории, частично — университетские факультеты, частично — экспериментальные заводы. Например, Ленинградский оптический институт занимался непосредственно целой отраслью промышленности, создавая из сырья объективы для полевых биноклей и телескопов. Задача института заключалась не только в совершенствовании оптики этих инструментов, но и в том, чтобы служить источником их получения для всей страны. Таким образом подобные институты обеспечивали связь между наукой и практикой. Они представляли собой поле для осуществления и приложения научных открытий. Благодаря этим институтам теоретические исследования могли выполнять свое основное назначение — удовлетворять практические нужды людей. Профессор А. Ф. Иоффе, например, утверждал, что сам он способствовал основанию двадцати восьми научно-исследовательских институтов Советского Союза. А. Ф. Иоффе фактически создал советскую физику твердого тела, послужившую источником многочисленных открытий и приложений, включая практически универсальные транзисторы и разнообразные тепловые генераторы, которые оказались совершенно необходимыми в исследовании космического пространства.

Вместе с тем не были забыты и идеологические аспекты науки. Верная своему марксистскому происхождению, новая наука смогла быть использована в качестве оружия против реакции, и в частности против глубоко укоренившегося в сознании масс религиозного чувства, которое к тому времени выродилось в религиозные предрассудки. Эти последние оказались более живучими, чем подлинная религия. Так, несмотря на то что большое число антирелигиозных музеев, созданных на заре существования Советского государства, ставили перед собой задачу борьбы с религиозными пережитками, мне привелось однажды в одном из них видеть старую крестьянку, благоговейно целующую экспонаты.

Несмотря на то что наука имеет свои собственные, внутренние цели, ее планирование является лишь частью планового ведения промышленности и сельского хозяйства. Это было начало эпохи великих планов преобразования природы и создания новой индустрии, получивших свое осуществление главным образом после смерти Ленина, но с самого начала несущих на себе отпечаток его гения. Одна из главных задач академической науки состояла в выявлении и учете естественных богатств Советского Союза, в том числе залежей фосфата в Карелии, желе-

за в Курске, широко раскинувшихся нефтяных промыслов Баку, ценного месторождения якутских алмазов в Восточной Сибири. Позднее было открыто и много других подобных месторождений.

С открытием новых источников естественных богатств создавались и новые, более совершенные методы их эксплуатации. Новая техника для своего развития требовала прежде всего электроэнергии, и это привело к строительству сложного комплекса Днепростроя. Почти на пустом месте работами Н. Е. Жуковского и С. В. Ильюшина был заложен фундамент аэродинамики и начата колоссальная работа в области конструирования самолетов. Очень скоро к советским самолетам стали относиться с уважением в среде как военных, так и гражданских летчиков всего мира.

Ленин умер слишком рано для того, чтобы стать свидетелем великих открытий в физике середины XX в. Но подготовка к ним велась уже при его жизни, а значение ядерной физики поняли очень быстро. В Кембридже под руководством Резерфорда учился приехавший из Ленинграда П. Л. Капица, ставший автором многих методов разделения изотопов. Эти методы в значительной степени содействовали созданию базы для расщепления ядер.

Любопытно обратить внимание на ту реакцию, которую вызывал научный прогресс Советской страны вне ее пределов. У многих ученых Англии и Америки к нему было двойное отношение. С одной стороны, им хотелось бы игнорировать как Советский Союз, так и его достижения, с другой — этими же достижениями они запугивали общественность Запада. Смешно и жалко было смотреть на все их колебания в оценке прогресса советской науки. Вначале каждое новое достижение отрицалось; затем его признавали, но источник его приписывали шпионажу; наконец, его использовали, и оно оказывало стимулирующее воздействие на развитие западной науки. Типичный пример подобного процесса. — спутник. Многие самоуверенно утверждали, что создание спутника не по силам Советскому Союзу; даже возможность создания здесь атомной бомбы подвергалась сомнению. Однако возрастающая скорость научного прогресса в Советской стране заставляла Запад относиться к нему все с большим уважением, что приводило в конце концов к нелепым преувеличениям относительно разрыва, существующего между ракетной мощью Советского Союза и западных стран. Эти преувеличения использовались затем для еще большего ускорения гонки вооружения в Соединенных Штатах Америки.

Несмотря на то что мы уже пределали большой путь без Ленина, плодотворное влияние его идей все еще продолжается, определяя общий дух науки нового поколения не только в Советском Союзе, но и во всем мире. Благодаря этому влиянию

даже злейшие враги Советского Союза уже не могут больше утверждать, будто научный и технический прогресс несовместим с построенным по ленинскому плану социализмом. Напротив, развитие науки является основой не только экономики, но и идеологии социализма, и это чрезвычайно способствует расширению его границ.

Истинными ленинцами могут считать себя лишь те, кому в полной мере удалось стать наследниками его идей. И только они, несмотря даже на свою возможную удаленность во времени и пространстве от личности великого мыслителя, могут претендовать на то, чтобы называться его соратниками.

К ВОПРОСУ О ДИАЛЕКТИЧЕСКОМ ЕДИНСТВЕ ФИЛОСОФИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Каждый, кто читал «Материализм и эмпириокритицизм» и другие философские работы В. И. Ленина, знает, что он признавал и творчески развил определение Ф. Энгельсом философии как науки о всеобщих законах движения и развития природы, человеческого общества и мышления¹. Ленин исходил из мировоззренческого значения марксистской философии и ее определения Энгельсом как логики и диалектики. Надо, однако, тут же отметить, что Ленин, как и Энгельс, никогда не придерживался так называемого гносеологизма. Логика для Ленина, как и для Энгельса,— это итог, сумма, вывод не только всей истории человеческого познания, но и всей истории самого мира, самой объективной реальной действительности.

¹ См. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 145.

Таким образом, В. И. Ленин ни в коем случае не отвергает онтологический аспект, однако к нему не должно сводиться определение научной философии. Точно так же Лениным не отвергается и гносеологический аспект, но и он не исчерпывает диалектико-материалистической философии.

В «Материализме и эмпириокритицизме» В. И. Ленин, говоря о философском понятии материи, иногда берет в кавычки слово «гносеологическое» или говорит прямо о «гносеологическом понятии материи», имея в виду, что это не означает чистый гносеологизм; онтологический момент, т. е. существование материи вне и независимо от сознания, не только не отвергается в диалектико-материалистической философии, но специально подчеркивается. Это порой забывается в современной философской марксистской литературе.

Научное определение философии, как таковой, разумеется, не исчерпывается сказанным выше. Еще Энгельс в книге о Фейербахе и Ленин в «Материализме и эмпириокритицизме» не раз подчеркивали, что главным вопросом всякой философии является вопрос об отношении между бытием и сознанием. В связи с этим Ленин дает классическое определение философского понятия материи как объективной реальности, существующей независимо от человеческого сознания и отображаемой им. «Материализм вообще признает объективно реальное бытие (материю), независимое от сознания, от ощущения, от опыта и т. д. человечества. Материализм исторический признает общественное бытие независимым от общественного сознания человечества. Сознание и там и тут есть только отражение бытия, в лучшем случае приблизительно верное (адекватное, идеально точное) его отражение»¹.

Из этого следует, что при определении предмета марксистско-ленинской философии мы должны указать на *основной вопрос философии*. Это, конечно, не значит, что мы должны сводить предмет философии к ее основному вопросу; Ленин говорит, что отношение сознания к материи есть основной вопрос философии, но это не означает, что он является ее единственным вопросом. Дело в том, что без основного вопроса философии нет и не может быть научной философии, хотя она должна заниматься, как мы уже отмечали выше, не только основным вопросом, но и изучением самых общих закономерностей развития природных, общественных и духовных явлений, мировоззренческих проблем, формальной и диалектической логики, их соотношением и т. д.

Есть мировоззрения (например, религиозное), которые не являются научными. Есть также синтетические представления о мире, которые являются обобщением специальных наук о при-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 346.

роде, но они не обязательно носят философский характер. *Философское значение такого рода представления приобретают только тогда, когда вместе с исследованием самых общих закономерностей природы, общества, мышления они дают ответ на основной вопрос философии.*

При этом чрезвычайно важно отметить, что ленинское определение материи относится не к одной только материи, как таковой, но так или иначе к пространству, времени, необходимости, свободе, обществу и т. д. Пространство и время, как объективно реальные формы бытия, могут и должны быть предметом философского исследования. Их анализу, как и анализу необходимости и свободы, а также общественного бытия, В. И. Ленин в труде «Материализм и эмпириокритицизм» посвятил специальные главы.

Атом представляет собой мельчайшую частицу в материальном бесконечном мире. В определенном отношении атом может быть предметом философского исследования, когда и поскольку речь идет о том, что он существует независимо от человеческого сознания и отображается в нем. *Когда атом рассматривается в связи с другими атомами с точки зрения его специфической структуры и структурных закономерностей, тогда он оказывается предметом не философского, а естественнонаучного, или частного научного, исследования.*

Точно так же общество есть только часть мировой действительности. Общество может быть предметом либо философского исследования (когда речь идет о взаимоотношении общественного бытия и общественного сознания), либо предметом специального, частного научного, исследования (когда речь идет, например, о структуре общественных формаций).

Если подытожить изложенное выше, можно сказать, что при всех попытках ставить и решать подлинно научно философские проблемы нельзя обойтись без того, чтобы авторы определили свое отношение к основному вопросу философии. Поэтому совсем не случайным является то обстоятельство, что на протяжении шестидесяти лет — со времени появления «Материализма и эмпириокритицизма» — самой развернутой критике со стороны противников марксистской философии подвергалась как раз ленинская теория отражения, т. е., говоря иначе, отрицалась та философская линия, которая выражается в положении: материя есть объективная реальность, отображаемая в нашем ощущении, сознании.

Мы рассмотрим некоторые вопросы в связи с развитием философии диалектического материализма (ленинская теория отражения, марксистско-ленинская гносеология и диалектика) на протяжении последних лет.

Остановимся прежде всего в самых общих чертах и совсем кратко на вопросе об отношении философии к математике.

В наши дни никто не отрицает, что математика является средством, или методом, имеющим огромное значение для дальнейшего развития как самого научного познания, так и познания природы, общественной жизни, социалистического строительства и общественной практики вообще. Каждый, кто занимается вопросами хозяйства, экономики, знает, что добиться ответа на вопросы относительно оптимальных планов хозяйственного, технического и экономического строительства без помощи математики стало невозможным делом. Быть может, именно это обстоятельство сказалось на том, что в специальной и философской литературе появились высказывания, будто математика — это всевластная, всемогущая наука, которой подчиняются все остальные науки с их проблемами, гипотезами и т. д.

В этом, несомненно, содержится определенная доля истины, и вместе с тем нельзя сказать, что это вся истина. Всем известно положение Маркса о том, что о степени развития науки можно судить по тому, насколько она применяет методы математики. Еще Кант утверждал, что для своей точности научные исследования нуждаются в математике. Это, конечно, верно. При обработке данных измерения при познании количественных отношений структур объектов мы применяем математические методы и приемы.

Однако возникает вопрос: какими математическими средствами и методами мы можем доказать, что измеряемые вещи, а также эталоны измерения, которые мы употребляем, являются объективно реальными? Каково действительное содержание самого понятия «точность» («экзактность»)?

Все это порой не учитывается или недооценивается. Поэтому получается, что некоторые представители математики и точного естествознания (и не только они) абсолютизируют роль математической науки и фактически забывают, что, например, «Капитал» Маркса и «Государство и революция» или «Материализм и эмпириокритицизм» Ленина были созданы отнюдь не на основе принципов математики, ее методов и приемов исследования.

Математика в своем историческом развитии воздействовала на философию и в свою очередь испытывала на себе воздействие последней. Достаточно вспомнить, что математика сыграла важнейшую роль в формировании рационализма (Декарт), усматривающего в строго логическом характере математики идеал человеческого познания. Сама философия не сводится к рационализму, и ее метод в широком смысле этого слова отличается от чисто формальных методов математики (которые по отноше-

нию к методу философия выступают как особые методы частной дисциплины).

В. И. Ленин в книге «Материализм и эмпириокритицизм» был далек, как он сам писал, от мысли касаться специальных учений физики.

В последнее время довольно часто можно встретить произведения, авторы которых, выступая от имени марксизма, заполняют свои философские работы специальными проблемами физического, математического, биологического плана. Это подается читателю как эталон современной марксистско-ленинской философской мысли, *причем иногда в таких произведениях нет ни грана марксистско-ленинской философии.*

Разумеется, мы меньше всего хотим утверждать, что авторы современных марксистских философских исследований не должны заниматься обобщениями естественнонаучного, математического или другого специального научного материала. Без таких обобщений и соответствующих выводов не может развиваться диалектический материализм, т. е. он без таких обобщений перестает быть научной философией. Но философские обобщения или философские выводы из естественнонаучных положений и открытий не сводятся к анализу (вообще разбору) фактов с точки зрения той или другой частной научной дисциплины. Философские заключения и утверждения не должны подменяться положениями частных наук, хотя и предполагают их открытие и применение. Философия занимается законами познания, теоретического мышления, отражающего материальный мир, и потому не может свестись ни к какой естественнонаучной, математической, технической, общественной или другой аналогичного характера научной дисциплине.

Математика еще с античных времен имела существенное значение в развитии логики. Ее значение повысилось с середины XIX в. в связи с исследованиями ее логических средств, оснований математики, с созданием математической логики. Тогда же возникла и диалектическая логика марксизма. В математике — в этом отношении она не отличается от всех других наук — на протяжении всей ее истории шла борьба материалистических и идеалистических течений. Выдающиеся математики — особенно те, которые не отрывались от естественных наук, — защищали обычно, часто стихийно, материалистическое воззрение на свою науку. С появлением диалектического материализма были по-новому осмыслены вопросы, относящиеся к сущности математики¹. В трудах прежде всего советских математиков идеи диалектического материализма в применении к математическим наукам были развиты дальше². Для понимания

¹ См. Ф. Энгельс. Анти-Дюринг. М., 1967.

² См. Л. Н. Колмогоров. Математика.— БСЭ, т. 26. М., 1954. При статье имеется обширная библиография.

сущности математики сугубо важны положения В. И. Ленина о роли абстракций в познании, о единстве и борьбе противоположностей как законе познания, о гносеологических корнях идеализма, о сложности пути познания и т. д.

Таким образом, все развитие математики в ее историческом и логическом планах, в ее современной сложности и многообразии не только не идет мимо философии, но напротив, только философия — речь идет здесь о диалектическом материализме как высшей ступени развития философской мысли — приводит к адекватному пониманию математической науки.

Нам представляется, что исключительное теоретико-методологическое значение для всей марксистско-ленинской философии и научного знания в целом имеет следующая мысль Ленина: «Действительно важный теоретико-познавательный вопрос, разделяющий философские направления, состоит не в том, какой степени точности достигли наши описания причинных связей и *могут ли эти описания быть выражены в точной математической формуле* (курсив мой.— Т. II.), — а в том, является ли источником нашего познания этих связей объективная закономерность природы, или свойства нашего ума, присущая ему способность познавать известные априорные истины и т. п. Вот что бесспорно отделяет материалистов Фейербаха, Маркса и Энгельса от агностиков (юмистов) Авенариуса и Маха»¹.

Эти высказывания Ленина со всей очевидностью показывают, что вопрос об объективной реальности и ее отображении в человеческом сознании является не математическим или естественнонаучным, а философским (гносеологическим) вопросом, решение которого, как такового, не может быть дано никакими формальными или формализованными теориями и методами.

Все это, разумеется, не умаляет роли математики как специальной науки, но обязывает проводить различие между математикой и философией, между формой и формализмом, между символом и символизмом и т. д. Тот факт, что математическая логика оказалась исключительно плодотворной наукой, находящей широкое применение во всей современной науке и технике, особенно в кибернетике и теории информации, является общепризнанным. Однако это не дает нам ни логического, ни практического основания абсолютизировать формальные и формализованные методы в области математики и логики и, таким образом, в той или иной форме лить воду на мельницу современной реакционной философии.

Символ, знак и сигнал сохраняют определенное познавательное значение только до тех пор, пока, во-первых, при их использовании исходят в конечном счете из определенных идей, взятых в качестве субъективного образа объективных явлений,

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 164.

и, во-вторых, так или иначе в той или иной форме и степени человеческая мысль, используя символы, знаки и сигналы, возвращается снова к идеям-образам, а отсюда и к их проверке с помощью человеческой практики. Без этого любой символизм и любая семиотика оказываются лишь видоизменением одной и той же традиции — отвергнуть, преодолеть или недооценить основную диалектико-материалистическую гносеологическую позицию, диалектико-материалистическую методологию, основной вопрос философии.

Таковы общие выводы, вытекающие из развития марксистско-ленинской теории познания, в частности теории отражения и ее отношения к математике. Можно не сомневаться, что дальнейшее развитие науки, в том числе и материалистической диалектики, все полнее будет подтверждать эти выводы.

В. И. Ленин сформулировал принцип совпадения, или тождества, диалектики, логики и теории познания¹. Это не значит, что он не делал между ними никакого различия. Диалектика, логика и теория познания рассматривались им как различные аспекты единой диалектико-материалистической философии. Диалектика, логика и теория познания в отличие от частных естественных, общественных и технических наук ставят и решают в общем плане и вместе с тем конкретно основной вопрос философии и конкретизируют далее философское понятие материи. В. И. Ленин не отрицал диалектического единства философии и частных наук, но не утверждал, однако, и их тождества.

Определяя, например, логику как науку об истине, взятой в целом, В. И. Ленин никогда не рассматривал ни формальную логику, ни диалектическую логику, ни гносеологию с ее основой — теорией отражения — как частные, нефилософские науки. Между философией и частными науками имеет место именно единство, а не тождество. Эта мысль пронизывает все философские работы В. И. Ленина. Вместе с тем его труды (особенно «Материализм и эмпириокритицизм» и «Философские тетради») проникнуты мыслью, что основной вопрос философии не исчерпывает всего содержания философии, так как она исследует всеобщие законы развития природы, общества и мышления, многообразные формы социальной деятельности, а также значение практики не только как основы и цели, критерия человеческих знаний, но и как непосредственной действительности.

Различные специальные науки рассматривают свои предметы прежде всего в их специфических структурах и закономерностях, что и придает им значение специальных (частных) наук, в то время как научная философия на основе устанавливаемых частными науками структур и закономерностей выявля-

¹ См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 156, 301.

ёт всеобщие связи и отношения, всеобщие законы объективной действительности и познания, исследует отношения различных форм сознания к различным формам общественного и природного бытия (материи).

Основной вопрос философии нельзя сводить ни к вопросу о структурных закономерностях бытия и сознания, ни к вопросу о самых общих структурных закономерностях мира. Если общие закономерности структурного построения мира понимаются в духе структурализма и противопоставляются основному вопросу философии, то это неизбежно приводит к старым попыткам отрицания и «преодоления» различий между материализмом и идеализмом, т. е. к повторению ошибок Маха и его последователей, к полному отрицанию значения научной философии, как таковой.

В. И. Ленин пошел по противоположному пути, т. е. по пути утверждения основного вопроса философии, философского понятия материи именно как философского, а не естественнонаучного; по пути разработки теории отражения именно как теоретической основы диалектико-материалистической гносеологии. Пристальное внимание Ленина к развитию естественных, технических и общественных наук позволило ему обобщить их достижения и сделать плодотворные научные предвидения (например, о неисчерпаемости электрона и др.). Дальнейшее развитие конкретных наук подтвердило безусловную правильность и методологическую ценность исследований и выводов, содержащихся в философских трудах Ленина. Обобщения В. И. Ленина в области естествознания оказали большое влияние на развитие физики, математики и других частных (специальных) наук. Что касается его обобщений в сфере общественных наук и революционной практики человечества, то они оказали решающее воздействие на дальнейший ход развития человеческого общества, на судьбы народов мира.

Как мог В. И. Ленин, который не считал себя специалистом в области естественных наук, прийти к выводам, имевшим принципиальное значение для развития всей науки в целом? В чем заключается эта необычайная сила марксистской философии, развитой дальше Лениным? Ответ на эти вопросы сформулирован самим Лениным: «Само собою разумеется, что, разбирая вопрос о связи одной школы новейших физиков с возрождением философского идеализма, мы далеки от мысли касаться специальных учений физики. Нас интересуют исключительно гносеологические выводы из некоторых определенных положений и общеизвестных открытий. Эти гносеологические выводы до такой степени напрашиваются сами собой, что их затрагивают уже многие физики. Мало того, среди физиков имеются уже различные направления, складываются определенные школы на этой почве. Наша задача поэтому ограничивается тем, чтобы отчет-

ливо представить, в чем суть расхождения этих направлений и в каком отношении стоят они к основным линиям философии»¹.

Из приведенного высказывания В. И. Ленина видно, что его взгляды о взаимоотношении философии и частных наук длительное время истолковывались весьма упрощенно как некоторыми учеными-специалистами, так и отдельными философами. Специалисты требовали от философов, чтобы они были энциклопедистами или по крайней мере специалистами в области одной или нескольких частных наук и технических знаний, в то время как философы со своей стороны требовали от ученых — представителей конкретных наук, чтобы все они были едва ли не профессиональными философами. Ведь Ленин четко говорит о том, что, ставя вопрос о философском идеализме некоторых физиков, он далек от мысли касаться физики как специальной науки, но это вовсе не означает, будто специальные научные исследования в области физики и философии могут развиваться абсолютно независимо друг от друга.

В последнее время, как мы уже отметили выше, среди некоторой части философов разных стран распространился особый «философский» стиль, когда говорят и пишут о философских вопросах, не рассматривая и не решая их по существу, а излагая чисто специальные проблемы той или иной естественной, общественной или технической науки. При таком «философствовании» не может быть и речи о гносеологической постановке и решении проблем, хотя естественный ход событий наталкивает на них не только философов, но и естествоиспытателей.

Гносеологические выводы, о которых говорит В. И. Ленин, связаны с рядом обобщений, а также с исследованием и формулированием наиболее общих законов развития бытия и сознания. Это, во-первых, наносит сокрушительный удар по неопозитивистскому утверждению о ненужности какой бы то ни было философии, по утверждению, что специальные науки сами по себе являются философией. Это, во-вторых, показывает, что наиболее общие выводы конкретных наук не могут в конечном счете не иметь отношения к философскому определению материи и основному вопросу философии.

Следовательно, частные науки фактически не могут существовать и развиваться в отрыве от научной философии, как и, наоборот, научная философия предполагает частные науки, которые, все более дифференцируясь и одновременно интегрируясь, приходят к таким положениям и открытиям, которые требуют гносеологических выводов.

Физики, химики, кибернетики, астрофизики, биохимики, биологи и ученые, работающие в других областях научного знания, могут своими средствами и методами решать, например,

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 266.

если речь идет о физиках, вопросы, скажем, теории элементарных частиц, кварков и т. п., относящиеся к структуре и специальным закономерностям развития материи. Именно ученые-специалисты исследуют и должны исследовать конкретные вопросы физики и других частных наук. Но в этих исследованиях, хотя ученые этого или нет, они опираются на определенные философские, гносеологические и логические принципы. Точно также и философы, исследуя те или иные всеобщие формы бытия, закономерности взаимосвязи материи и сознания, те или иные гносеологические и логические проблемы, обращаются к достижениям частных наук, делают из них необходимые выводы. Если бы философы довольствовались только постановкой и исследованием чисто формальных или чисто логических и гносеологических вопросов, они оказались бы оторванными от частных наук и кончили бы бесплодной абстрактностью, схоластикой и в конечном счете мистикой.

Философия является не только обобщением достижений частных наук и человеческой практики, она соединяет их в единое целое и является методологической основой или предпосылкой дальнейшего развития научных знаний.

*Философия, теория информации,
другие направления современной
научной мысли*

В 40-х годах нашего века возникли и стали быстро развиваться *кибернетика* и связанные с ней другие научные дисциплины, в том числе специальная *теория информации*.

Термин «информация» употреблялся задолго до создания кибернетики и теории информации как специальных наук. В этом традиционном, «докибернетическом» значении понятие «информация» является почти синонимом понятия «отражение» и не представляет для гносеологов никакой новой проблемы.

Проблема отношения между информацией и отражением возникает только тогда, когда понятие информации наполняется тем содержанием, которое ему придают математика, кибернетика и т. п. В этом случае на первый план выдвигается прежде всего вопрос об *объективном или субъективном характере информации*.

Мы как-то отмечали, что не только У. Р. Эшби, Ф. Джордж и Н. Винер, но и ряд других выдающихся ученых в области кибернетики и теории информации не считают нужным заниматься «сознанием» и «связанными с ним субъективными элементами». Эту позицию наиболее определенно выразил Эшби, сказав, что он ни разу не испытывал необходимости вводить слова «сознание» и «субъективный элемент» в свой (кибернетический и информационный.— *Т. П.*) анализ.

Однако, как бы ни истолковывались подобные высказывания специалистов в области кибернетики, закономерен вывод о том, что информация — объективный процесс. Это наиболее четко сформулировано советскими учеными. «В понятие объективной реальности, — писали они, — существующей независимо от сознания человека, наряду с процессами преобразования вещества и энергии включаются и информационные процессы»¹. Не раз уже само развитие кибернетики подтверждало эту мысль, и поэтому мы здесь не будем специально останавливаться на ней. В данном случае более важна для нас другая мысль ученых, которые соглашались с тем, что «в информационных процессах, исследуемых кибернетикой, находит всестороннюю реализацию замечательная ленинская гипотеза о присущем всей материи свойстве отражения, родственном способности ощущения, но не тождественном с нею»².

Эта мысль проливает свет на сущность отражения как свойство всякой материи, которое в результате длительной эволюции превращается в высшую форму отражения — человеческое сознание. Процесс диалектического перехода от упомянутого свойства всей материи к общественному, по самой своей сущности логическому человеческому мышлению исследован в трудах ученых. Но не все авторы делали необходимые выводы из этого развития отражения вообще. Некоторые отрицали наличие отражения во всей материи, другие превращали его в гиллозистическое и панпсихическое свойство.

Может случиться, утверждал выдающийся советский физик С. И. Вавилов, что будущая физика в сфере своих исследований включит «как первичное простейшее явление «способность, сходную с ощущением», и на ее основе будет объяснять многое другое»³.

Укажем также, что не только кибернетика и кибернетическая информация, но и информация в области микрогенетических процессов подтверждает логическое предположение В. И. Ленина. Эти информационные процессы показывают правильность тезиса Ленина о способности любой формы материи *отражать*, а не *ощущать* или *мыслить*. Последнее свойство присуще лишь высокоразвитой и высокоорганизованной форме материи. Другими словами, в процессе развития кибернетики и теории информации вновь подтверждается ленинская теория отражения как основа диалектико-материалистической гносеологии.

¹ А. Берг, И. Новик. Развитие познания и кибернетика. — «Коммунист», 1965, № 2, стр. 20.

² Там же, стр. 21.

³ С. И. Вавилов. Собр. соч., т. III. М., 1956, стр. 150.

По нашему мнению, профессор Эшби и другие представители кибернетики правы, утверждая, что информация имеет *объективный* характер, но они ошибаются в другом — смешивают подчас *субъективность* с *субъективизмом*. Ведь субъективная сторона сознания не только известная его слабость или недостаток, она одновременно означает силу и преимущество перед чисто объективной, но бездушной, автоматической информацией. Без психического, внутреннего, субъективного характера человеческого сознания было бы невозможно научное и художественное творчество, хотя, разумеется, субъективный момент всегда должен основываться на объективном содержании человеческого сознания и мышления. *Кибернетические устройства и методы используются для установления оптимальных вариантов в организации и управлении хозяйственной, производственной, торговой, транспортной и другой деятельности.* Что касается научной основы управления общественным развитием, то в качестве этой основы выступают общественные науки, в том числе марксистско-ленинская философия, поскольку она — обобщение и одновременно теоретико-методологическая предпосылка успешного развития как естественных и технических наук, так и специальных общественных наук.

Разумеется, нельзя ограничивать возможности кибернетики или каких бы то ни было других наук. Каждая из них имеет свою область, свои проблемы, свои специфические методы, организацию и т. д. Перед кибернетикой открыты бескрайние перспективы для все более новых и блестящих достижений. Но какими бы грандиозными они ни были, кибернетика не может заменить человеческий мозг и человеческое сознание, которые в своей самой глубокой основе являются не только биологическим, но и общественно-историческим продуктом, органом, функцией. *Кибернетические устройства, математические электронные вычислительные машины и методы служат в руках человека мощным средством оптимальной постановки и решения многих чрезвычайно важных вопросов. И все же научной основой развития социалистического общества являются общественные науки и философия, взятая и как научное мировоззрение, и как метод познания и преобразования действительности.*

Технология «логического мышления», осуществляемого с помощью кибернетических машин и рассматриваемого некоторыми теоретиками как тождественное логическому мышлению, не может полностью заменить творческого человеческого мышления, диалектической логики, хотя и дает основание провести различие между логикой и логической технологией, между творческим мышлением и автоматическим моделированием некоторых форм и процессов человеческого мышления (каковым является «кибернетическое мышление»).

Имея в виду человеческое знание во всем его объеме и развитии, В. И. Ленин определяет логику (не касаясь в данном случае различия между формальной и диалектической логикой, которые рассматривались им в равной степени как философские, а не частнонаучные дисциплины) как «учение не о внешних формах мышления, а о законах развития „всех материальных, природных и духовных вещей“, т. е. развития всего конкретного содержания мира и познания его, т. е. итог, сумма, вывод *истории* познания мира»¹.

Все попытки опровергнуть или хотя бы поколебать это ленинское классическое определение логики оказались тщетными. Однако в данном случае для нас важнее то, что это определение логики находится в принципиальной согласии с пониманием логики Марксом и Энгельсом, что в действительности оно построено полностью на теоретической основе диалектико-материалистической гносеологии, т. е. на ленинской теории отражения.

В самое последнее время стала образовываться новая отрасль знания — «наука о науке», или «науковедение». Ее появление — своего рода положительная реакция на потребности, которые возникли в связи с современным огромным ростом науки, увеличением ее роли в жизни общества, необычайным усложнением ее структуры, вовлечением в научную деятельность все большего числа людей и т. д. На основе комплексных исследований проблем развития науки и техники как целого науковедение занимается разработкой научных основ планирования, организации и управления наукой.

Как явствует из всего изложенного, в науковедении нет ничего, так сказать, «противофилософского»; само оно не играет роли философской науки и не заменяет, например, диалектического материализма. Но в литературе можно встретить высказывания именно такого рода, которые фактически используются в антинаучных целях.

Нами рассмотрены лишь некоторые из основных аспектов ленинской теории отражения, но и они свидетельствуют об ее жизненности, громадной значимости для решения самых сложных революционно-практических и теоретических проблем, стоящих в настоящее время перед человечеством. Прогресс современного естествознания и науки в целом — подлинный триумф марксистско-ленинской философской мысли.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 84.

П. В. КОПНИН,
академик АН УССР,
П. С. ДЫШЛЕВЫЙ,
доктор философских наук

ИДЕИ В. И. ЛЕНИНА О ВСЕСТОРОННЕЙ ГИБКОСТИ ПОНЯТИЙ И СОВРЕМЕННОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ПОЗНАНИЕ

Всесторонняя, универсальная гибкость понятий, гибкость, доходящая до тождества противоположностей,— вот в чем суть. Эта гибкость, примененная субъективно, = эклектике и софистике. Гибкость, примененная объективно, т. е. отражающая всесторонность материального процесса и единство его, есть диалектика, есть правильное отражение вечного развития мира.

В. И. Ленин

*Каким философским путем
идет современная физика?*

Физика с самого момента своего возникновения приковывала внимание философов. Вначале она вообще была частью философии, а в Англии по традиции вплоть почти до нашего времени называлась натуральной философией. Но даже тогда, когда она стала совершенно самостоятельной и в принципе антинатурфилософией, ее связь с философией хотя и существенно изменилась, но не только не исчезла, а стала внутренне еще более тесной.

Физика изучает явления, свойства и закономерности, носящие довольно общий, а для природы и всеобщий характер, поэтому проблемы материи, движения, пространства, времени, причинности философия решает, опираясь в значительной степени на опыт современного физического познания. Иногда, правда, некоторые философы настолько жестко связывают философию с

теоретическими построениями современной физики, что понятия и законы физики становятся у них категориями философии. Например, Г. Рейхенбах теорию относительности А. Эйнштейна объявляет современной философией, что, несомненно, ведет к ликвидации философии как самостоятельной области знания. Конечно, коренные изменения в физике, как, скажем, революция на рубеже XIX—XX вв., оказывают существенное влияние на философию, но при этом ни философия, ни физика не теряют своего собственного предмета, особого понятийного аппарата.

Физика оказывает влияние на развитие философии не только потому, что имеет серьезные достижения в области изучения природы, структуры, видов материи, законов движения на разных уровнях, в микро-, макро- и мегамирах. Не меньшее значение приобретает изучение самого процесса физического познания, структуры его теорий, их смены и т. п. Здесь философов привлекает не только то обстоятельство, что физика в настоящее время благодаря своим фундаментальным открытиям стала лидером естествознания. Изучая процесс физического познания, можно проследить наиболее типичные черты современного научного знания. Математика выражает ясно одну его сторону — стремление к строго доказанной дедуктивной теории, но все знание даже в естествознании никогда не может быть построено по этому образцу, наука никогда не потеряет потребности в построении теорий, связанных с обобщением эмпирического знания. С другой стороны, и сейчас еще имеются естественнонаучные дисциплины, методом которых продолжают оставаться описание и объяснение, не выходящие по существу за пределы того, что дают наблюдение и эксперимент. Математический аппарат в них либо совсем отсутствует, либо применяется на уровне чисто количественного выражения результатов, которые были уже получены эмпирическим путем.

В современной физике мы имеем дело с сочетанием глубокой теории, применяющей для достижения новых результатов современный математический аппарат, с самым совершенным экспериментом. Особенности физического познания ярко выражены в таком методе, как математическая гипотеза, который находит все более широкое применение. Именно с этим методом связаны такие определяющие современную физику теории, как квантовая механика и общая теория относительности. Здесь математика не только технический аппарат для количественного выражения установленных опытом отношений, но и средство достижения принципиально новых результатов, которые потом проверяются на опыте. Математическая экстраполяция и эксперимент в их взаимосвязи дают возможность построить теорию, являющуюся и содержательной, и достаточно строгой в логическом отношении. Физика никогда не удовлетворится теорией,

которая была бы чисто формальным аппаратом, она всегда ищет за аппаратом физическое значение и смысл, пытается интерпретировать полученные формулы и уравнения, в том числе и эмпирически.

Другой особенностью современного физического познания является усиление роли субъективного фактора в нем, роли наблюдателя с его приборами и установками. Изучаемый предмет вступает во взаимодействие с субъектом, которое, с одной стороны, существенно, с другой — неизбежно. Эта характерная тенденция естественнонаучного познания на данном этапе его развития ставит ряд гносеологических проблем.

При анализе особенностей физического знания нередко ставится вопрос: каким путем оно идет, какая философия предусмотрела и выразила его в своих категориях? Г. Рейхенбах полагает, что современная физика нанесла неизлечимую рану Канту и кантианству, поскольку опровергла представления об априорности понятий пространства, времени, причинности и т. п. Действительно, современная наука показала изменчивость этих понятий, их связь с опытом познания вообще, физического в частности. И это верно. Но правильно и другое обстоятельство — в современной науке большое значение имеет изучение знания с его формальной стороны, а это как раз подчеркивается в теории познания Канта. Нельзя не отдать должное и его идее синтеза опыта и мышления в познании.

Современные мыслители говорят также, что физики и представители других наук о природе еще не осознали того, как правильно и далеко определила пути движения их познания гегелевская философия, что, например, встреча Гегеля и Эйнштейна еще впереди. Парадоксальность, характерная для теорий и понятий современной физики, была в общепhilosophическом плане выражена в логике Гегеля. Физики с трудом принимали зависимость пространственно-временных характеристик от состояния движения физических систем, гипотезу квантов, неправильно понимали роль субъекта в познании и т. п. Это происходило потому, что они сами были воспитаны в иной, метафизической традиции и не усвоили должным образом уроков гегелевской философии. В этом замечании есть резон, хотя и Гегель не уловил многих тенденций современного естественнонаучного знания.

Наконец, отдельные зарубежные философы всячески пытаются обосновать положение, будто современная физика буквально идет по рецептам эмпирической линии в философии. И Ф. Франк, и Г. Рейхенбах неустанно повторяют, что метод современной физики является копией эмпирической философии, опирающейся на чувственную перцепцию и аналитические принципы логики как источники познания. Конечно, только извратив в достаточной мере логико-гносеологическую сущ-

ность релятивистских теорий или квантовой механики, можно их метод свести к радикальному эмпиризму или логическому позитивизму. Но нельзя не признать, что эмпирическая философия каким-то образом влияла и помогала физике покончить с механицизмом и принять ту физическую картину, которая вырабатывалась новой физикой.

Таким образом, физика шла путем и Канта, и Гегеля, и эмпирической философии и одновременно не следовала им. Может быть, развитие познания в отдельных областях естествознания, в физике в частности, идет вообще независимо от всякой философии, подчиняется своим законам и не нуждается ни в какой философской теории познания? Но опыт показывает, что физика, как и другие области знания, всегда обращалась к теоретико-познавательным концепциям и по существу не может без них функционировать, хотя бы потому, что для интерпретации научных теорий необходимы три вида языка: 1) своих понятий; 2) современной формальной логики; 3) философских категорий, с помощью которых результаты физического познания включаются в общий ход познания и в историю мировой цивилизации.

Неопозитивистская философия в свое время провозгласила тезис о возможности и необходимости сведения языка философии и ее понятийного аппарата к терминам формальной логики и понятиям отдельных специальных наук. Таким путем она хотела придать философии научную строгость. Но опыт показал, что это, во-первых, практически неосуществимо, а во-вторых, лишает нас одного из важнейших интеллектуальных средств осмысления как самой действительности, так и результатов научного познания. Ликвидация философии в любой форме приводит к духовному обеднению человечества. Проблема состоит не в том, нужна ли философия, а в том, какой она должна быть, чтобы ее понятийный аппарат способствовал осмыслению как самой действительности, так и научного знания о ней.

Понятия, создаваемые современной философией, должны способствовать постижению объективной реальности, однако эту реальность они должны схватывать, отражать, во-первых, со стороны ее всеобщих свойств и законов и, во-вторых, исходя из потребностей преобразования мира в соответствии с человеческой сущностью. Эти понятия и составляют категориальный аппарат философии, помогающий ученому включить результаты той или иной теоретической системы в общий поток развития познания и практики. Философские категории и язык, их выражающий,— это интеллектуальный фон эпохи, без которого невозможна продуктивная деятельность вообще и интерпретация научной теории в частности. Эти категории и придают языковой системе характер социально значимого знания. Их роль в интерпретации теоретической системы весьма многооб-

разна, в частности они обеспечивают, с одной стороны, свободу теоретического мышления, а с другой — детерминируют его, направляют на постижение объективной реальности в формах, необходимых для человеческой практики.

Теоретическая функция категорий философии объясняется тем, что они создаются на более широкой основе, чем понятия любой конкретной области знания, в них обобщен опыт всего познания, а не одного какого-либо определенного объекта. Регулирующая роль категорий в процессе творческого мышления состоит в том, что они дают большую свободу воображению, оставляя его в границах научно-теоретического мышления. Но это не означает, что какая-либо область знаний, в том числе и физика, слепо следует за философской теорией. Как всякая практика (а по отношению к философской теории познание в любой области выступает как своеобразная практика), которой эта теория проверяется и корректируется, физическое знание вносит что-то новое, не предусмотренное предшествующей гносеологией.

Взаимосвязь философии и процесса познания в конкретных областях науки осуществляется в следующей форме: философия, следуя логике своего развития, обобщая опыт познания мира, создает категории, которые не просто задним числом фиксируют достигнутые естествознанием и гуманитарными науками результаты, а выражают потребность, устремления и тенденции их дальнейшего развития. Именно поэтому наука часто приходит к тому, что в той или иной форме уже предусматривалось теоретико-познавательными концепциями. С другой стороны, анализ результатов познания в отдельных областях всегда обнаруживает некоторую недостаточность философского знания и ставит новые теоретико-познавательные проблемы.

Подобное взаимоотношение и сложилось между марксистско-ленинской философией и современной физикой. Теория познания и логика, выработанные К. Марксом и Ф. Энгельсом и развитые дальше В. И. Лениным, оказались наиболее способными предвидеть пути развития познания в науке, в частности в физике. Можно привести массу примеров, показывающих, что трудности, с которыми столкнулась физика XX в., связанные с крахом механистического и созерцательного материализма, в теоретико-познавательном плане уже были решены марксистско-ленинской философией. В XX в. физики поняли, что абсолютного пространства и времени, о котором говорил Ньютон, нет. Марксистская философия сформулировала это еще в XIX в. Но вместе с тем марксистская философия, осваивая новые результаты физического познания, совершенствовала свой категориальный аппарат.

Марксистско-ленинская философия оказалась способной это сделать, поскольку впитала в себя весь положительный опыт философского развития, выявила сильные стороны теории познания и Канта, и Гегеля, и эмпирического направления, синтезировала их, пытаясь снять ограниченность каждого, непрерывно обогащала категории теоретического мышления на основе новейших результатов познания в различных науках, в том числе и в физике. В. И. Ленин в своих трудах, в особенности в «Материализме и эмпириокритицизме» и «Философских тетрадах», выразил эту черту марксизма, показав, что марксизм, с одной стороны, следует лучшим традициям в философии, логике внутреннего движения ее категорий, а с другой — сохраняет и укрепляет ее связь с развивающейся наукой, использует ее опыт для обогащения своих категорий новым содержанием и для дальнейшего их развития. Этим и обусловлено то обстоятельство, что материалистическая диалектика сохранила свое значение философского метода, соответствующего результатам, тенденциям различных областей современной науки.

Диалектика понятий и развитие познания в физике

Взаимосвязь современного философского и физического познания может быть показана на примере диалектики развития понятий и теорий.

В философских работах В. И. Ленин развил идею о взаимосвязи и всесторонней, универсальной гибкости понятий как непрерывно изменяющемся способе (форме) постижения сущности явлений. Подчеркивая объективный характер понятий, В. И. Ленин раскрыл диалектику формирования и функционирования их как средств мышления человека. К идее гибкости понятий В. И. Ленина подвел ход развития философии, в частности изучение «Науки логики» Гегеля. *«Отражение природы в мысли человека надо понимать,— писал В. И. Ленин,— не „мертво“, не „абстрактно“, не без движения, не без противоречий, а в вечном процессе движения, возникновения противоречий и разрешения их»*¹. Соответственно и понятия, формируемые человеком, «не неподвижны, а вечно движутся, переходят друг в друга, переливаются одно в другое, без этого они не отражают живой жизни»². Подвижность, гибкость понятий доходит до тождества противоположностей. Иными словами, как существует универсальная, всеобщая связь вещей и процессов в природе, как каждая вещь и процесс могут перехо-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 177.

² Там же, стр. 226—227.

доть при определенных условиях в нечто другое (в свою противоположность), так и понятия взаимно связаны, могут переходить друг в друга.

Диалектический подход, подлинно научное рассмотрение знания и его элементов, в том числе и понятий, требуют видеть, с одной стороны, различия, переходы в свою противоположность (от положительного утверждения к отрицательному), с другой стороны, единство противоположностей, связи отрицательного с положительным. В. И. Ленин отмечал, что именно Гегель (а не Кант) показал переход категорий мышления друг в друга. Правда, идеи Гегеля были развиты на идеалистической основе и поэтому содержали много мистического, фантастического, иллюзорного. На материалистической основе диалектика познавательного процесса была развита К. Марксом, Ф. Энгельсом и в новых исторических условиях В. И. Лениным.

Еще и еще раз возвращаясь к характеристике материалистической диалектики как философского учения, В. И. Ленин пишет, что она учит о том, «как могут быть и как бывают (как становятся) *тождественными противоположностями*,— при каких условиях они бывают тождественны, превращаясь друг в друга,— почему ум человека не должен брать эти противоположности за мертвые, застывшие, а за живые, условные, подвижные, превращающиеся одна в другую»¹. Но универсальная взаимосвязь и гибкость понятий, доходящая до тождества противоположностей,— это один момент их диалектики. На подвижности научных понятий спекулирует релятивизм, который трактует ее субъективно как деятельность мышления, не связанную с движением явлений, процессов объективной реальности. Но, как показал В. И. Ленин, материалистическая диалектика в противоположность релятивизму и софистике рассматривает изменение понятий как познание человеком «все более и более глубокой *объективной* связи мира»².

Только материалистическая диалектика раскрыла, как и почему гибкость понятий сочетается с высшей их объективностью и конкретностью. Развитие естествознания, и в частности физики, в XX в. подтвердило выводы, сделанные В. И. Лениным, и дало богатый материал для новых гносеологических обобщений. Признание перехода понятий друг в друга, их связей и различий, указание на объективность понятий, что не исключает соотношения абсолютного и относительного в их содержании, должно составлять непременную основу методологии современного естествознания. Необходимо постоянно иметь в виду, что «человек не может охватить=отразить=отобразить природы *всей*, полностью, ее „непосредственной цельности“, он

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 98.

² Там же, стр. 161.

может лишь *вечно* приближаться к этому, создавая абстракции, понятия, законы, научную картину мира и т. д. и т. п.»¹.

Физика, как и другие области естествознания, имеет дело с оперированием понятиями, и это в современной физике более ярко выявляется, чем в классической. Еще 100—200 лет назад ученые, занимавшиеся исследованием природы, могли гордиться тем, что они имеют дело с фактами, результатами экспериментов. Как отмечал Гегель, если послушать естествоиспытателей, «то они наблюдают, говорят только то, что видят; но это не верно, они бессознательно преобразуют непосредственно виденное с помощью понятия. И спор ведется не о противоречии между наблюдением и абсолютным понятием, а о противоречии между ограниченным фиксированным понятием и абсолютным понятием. Они доказывают, что превращений не существует... Так происходит со всяким словесным выражением восприятия и опыта; поскольку человек говорит, в его словах содержится понятие; понятия нельзя не допустить, воспроизведенное в сознании всегда содержит в себе налет всеобщности и истины»². И дальше В. И. Ленин замечает: «Очень верно и важно — именно это повторял популярнее Энгельс, когда писал, что естествоиспытатели должны знать, что итоги естествознания суть понятия, а искусство оперировать с понятиями не прирождено, а есть результат 2000-летнего развития естествознания и философии. У естествоиспытателей узко понятие превращения и нет понимания диалектики»³.

У современных физиков уже нет никаких сомнений в том, что они имеют дело с понятиями большей степени абстрактности и удаленными от простой фиксации результатов эмпирического наблюдения и что эти понятия текучи. Их мучает другой вопрос: что скрывается за формами, уравнениями и терминами физической теории, как можно интерпретировать ее знаки и связь между ними, чтобы физика не потеряла своего главного назначения — познавать объективную реальность? Здесь важно подчеркнуть, что непрерывная эволюция элементов физического знания вовсе не расценивается ведущими физиками XX в. как основание для отказа от признания объективного существования физического мира или его познаваемости. Образ мышления современных физиков радикально отличается от образа мышления физиков на рубеже XIX—XX вв. Однако это обстоятельство вовсе не означает, будто в физике XX в. не существует проблемы объективности физического знания. Такая проблема возникает в тех или иных конкретных формах всякий раз, когда физическая наука переходит на новый этап своего про-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 164.

² Цит. по: В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 236.

³ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 236.

грессивного развития, когда происходит смена существующей картины мира.

Проблематичный характер объективности современного физического знания четко выражен в книге известного американского ученого Г. К. Мак-Витти¹. Любый физик, работает ли он в области классической, релятивистской или квантовой физики, пишет Г. К. Мак-Витти, должен ответить на такие вопросы: «что является природой научных знаний? Являются ли их заключения (т. е. классической, релятивистской и квантовой физики.— П. К. и П. Д.) бесспорными и абсолютными фрагментами окончательной истины, или они являются неизбежно преходящими и исчезающими конструкциями?»². В качестве предпосылки философской позиции любого физика должен служить тезис о «существовании материи»³, подчеркивает Г. К. Мак-Витти, а также то положение, что ему в первую очередь доступны данные ощущений, т. е. данные, полученные из наблюдений и экспериментов, которые затем физик с помощью мыслительных операций стремится упорядочить и систематизировать. И дальше Г. К. Мак-Витти рассматривает две точки зрения на методы упорядочения и систематизирования указанных данных.

Согласно первой точке зрения, пишет он, окончательные результаты изучения данных ощущений, выражаемые в форме понятий, принципов и теорий, показывают, что эти данные «обнаруживают существование внешнего мира, называемого природой, свойства которого являются *рациональными*, а также *независимыми* от наблюдателя. Наблюдатель занимается раскрытием этих свойств с помощью указаний, даваемых чувственным восприятием»⁴. С этой точки зрения законы природы — это принципы, по которым «работает» этот внешний рациональный мир. В рамках первой точки зрения обычно и функционируют такие понятия, как «причина и следствие», «доказательства», «открытия», «истина и заблуждение», и им подобные. Поэтому, например, говорят, что «Ньютон *открыл* закон обратных квадратов для тяготения, а Эйнштейн *доказал*, что этот закон *неправилен*, и *открыл*, что *причиной* тяготения является кривизна пространства»⁵. Но если цель науки — исследовать свойства независимо существующего мира, то, замечает Г. К. Мак-

¹ См. Г. К. Мак-Витти. Общая теория относительности и космология. М., 1961, стр. 18—25.

² Там же, стр. 18.

³ Эту же мысль выразила наиболее определенно французский ученый М. А. Тоннела: «Объективность внешнего мира, независимо от нашего сознания, является постулатом, принимаемым каждым физиком (М. А. Тоннела. Обновление понятия относительности в физике Эйнштейна.— «Эйнштейновский сборник». М., 1966, стр. 195).

⁴ Г. К. Мак-Витти. Общая теория относительности и космология, стр. 20.

⁵ Там же.

Витти, приходится признать, что это исследование «было исключительно неудачным. Действительно, имеется много черт этого мира, которые были открыты учеными в прошлом и которые пришлось изменить или отбросить... Частный набор свойств внешнего мира, который известен ныне, с этой точки зрения не находится в лучшем положении, хотя этому набору и сопутствует прилагательное «современный». Мы верим в эти свойства по той же причине, по которой верили в «открытые» ими черты внешнего мира наши предшественники, а именно потому, что они нужны нам для интерпретации данных ощущений, которыми мы располагаем в настоящий момент. Они служат целям упорядочения данных ощущений в стройное здание теории, рационализации того беспорядка, с которым эти данные предстают перед нами»¹. Если принять первую точку зрения (т. е. «доктрину рационального внешнего мира»), то, подчеркивает Г. К. Мак-Витти, анализ истории развития физики приводит к заключению, что «наука неизбежно пребывает в заблуждении, так как Кеплер, Ньютон или Эйнштейн периодически „доказывали“, что их предшественники заблуждались»².

Согласно второй точке зрения, которая выступает в качестве альтернативы первой, наука, продолжает Г. К. Мак-Витти, ее понятия и теории рассматриваются «как метод корреляции данных ощущений». Иными словами, хотя собрание данных ощущений может либо образовывать, либо не образовывать рациональное целое, однако «человеческий ум при выборе классов данных преуспевает, группируя эти данные в рациональные системы». Понятия и их системы, по мнению Г. К. Мак-Витти, отличаются друг от друга только тем, что объединяют в различное рациональное целое данные ощущений, которые физики обычно называют физическими явлениями. Механика Ньютона и теория тяготения, например, группируют в одну рациональную систему явления движений планет, а квантовая механика (другая система корреляции) — в другую систему атомные явления. Такие понятия, как «электромагнитное» и «гравитационное» поля, «свет», «атомы» и т. п., — это только концепции, используемые при фабриковании систем корреляции, а не характеристики внешнего мира. Содержание этих концепций может меняться в зависимости от интерпретации определенных данных ощущений, например при интерпретации одной группы данных «свет» рассматривается как поток частиц, а других — как волна. Если взять в качестве исходной эту точку зрения, то «понятия истины и заблуждения, причины и следствия, открытия и толкования можно теперь или отбросить, или считать условными», подчеркивает Г. К. Мак-Витти. При таком подхо-

¹ Г. К. Мак-Витти. Общая теория относительности и космология, стр. 20—21.

² Там же, стр. 21.

де задача физика заключается только в том, чтобы разыскать пути построения такой рациональной схемы мышления в виде понятийной системы (теории), которая включала бы в свои рамки максимальное число на первый взгляд внешне не связанных друг с другом данных ощущений.

В таком случае, например, общая теория относительности Эйнштейна отличается от теории тяготения Ньютона только тем, что первая как определенный метод корреляции явлений включает в себя наряду с обычными движениями планет также явления движения перигелия Меркурия. Отсюда, естественно, следует, что две и больше физических теорий могут интерпретировать одно и то же физическое явление (например, явление абберации одинаково хорошо интерпретируется как в терминах теории Ньютона, так и в терминах теории тяготения Эйнштейна), что физическая теория вообще не может быть «правильной» или «неправильной» — она может быть адекватной или неадекватной как средство корреляции «внутри членов определенной группы данных». Допустим, такое фундаментальное понятие общей теории относительности, как поле тяготения, рассматривается с этой точки зрения (к которой в конечном счете склоняется Г. К. Мак-Витти) «не более чем вспомогательное средство при вычислениях». Соответственно, если следовать второй точке зрения, то и законы природы, утверждает Г. К. Мак-Витти, «являются просто фундаментальными постулатами, лежащими в основе теории, и должны рассматриваться как свободные творения человеческого ума. Эти творения должны находиться в согласии с наблюдениями, и чем лучше эти творения, тем большее число наблюдений они предложат исследователю»¹. Такова суть рассуждений Г. К. Мак-Витти.

Итак, хотя Г. К. Мак-Витти первоначально и принимает (как нечто само собой разумеющееся) утверждение о существовании материи (и не возражает в принципе против ее познаваемости) и рассматривает непрерывную эволюцию физических знаний как вполне нормальное состояние физической науки, однако в конечном счете это не мешает ему сочувственно относиться к той точке зрения, согласно которой понятия и их системы (теории) представляют собой всего лишь различные способы систематизаций данных ощущений наблюдателя и ничего больше. Выходит так, что хотя физический мир существует объективно, физики располагают не знаниями о нем, а лишь систематизациями данных ощущений, причем последние (ощущения) не рассматриваются в качестве образов физического мира. В данном случае Г. К. Мак-Витти, склоняясь к позитивистской концепции познания, становится на путь агностицизма и субъективизма в вопросе о природе физического знания.

¹ Г. К. Мак-Витти. Общая теория относительности и космология, стр. 23.

Но, как известно, существует и другой, единственно верный выход из трудностей, возникающих в теоретико-познавательном плане в процессе создания релятивистской, а затем квантовой физики. Этот выход был указан В. И. Лениным еще в начале XX в., и заключается он в переходе ученых на позиции диалектико-материалистической гносеологии, согласно которой объективность естественнонаучного знания органически связана с диалектическим характером познания как процесса постижения истины.

Какие моменты в диалектике понятий особенно важны для понимания процесса их развития и смены в современной физике, впрочем, как и в науке вообще? 1) Научное понятие ни в коей мере не сводится к фиксации непосредственно наблюдаемого, к выражению опытных данных. «Подход ума (человека) к отдельной вещи, снятие слепка (=понятия) с нее *не есть* простой, непосредственный, зеркально-мертвый акт, а сложный, раздвоенный, зигзагообразный, *включающий в себя* возможность отлета фантазии от жизни...»¹ — подчеркивает В. И. Ленин. 2) Наука неизбежно уходит в абстракцию, а этот процесс противоречив, поскольку абстракция до некоторой степени убивает живое движение действительности. Еще Гегель показал, что «в абстрактных понятиях (и в их системе) *нельзя* иначе выразить принцип движения, как принципом тождества противоположностей»². В. И. Ленин развивает эту мысль уже на материалистической основе следующим образом: «Мы не можем представить, выразить, смерить, изобразить движения, не прервав непрерывного, не упростив, угрубив, не разделив, не омертвив живого. Изображение движения мыслью есть всегда огрубление, омертвление, — и не только мыслью, но и ощущением, и не только движения, но и **всякого** понятия. И в этом *суть* диалектики. *Эту-то суть* и выражает формула: единство, тождество противоположностей»³. Поэтому ни в коем случае нельзя абсолютизировать, фетишизировать ни одну абстракцию, ни одно понятие, категорию, закон. В. И. Ленин выступает против попыток фетишизации некоторых категорий естествоиспытателями на рубеже XIX—XX вв., указывает на наивнореалистические тенденции в понимании природы этих категорий. И здесь он снова обращается к Гегелю. «„Обламывание“ и „вывертывание“ слов и понятий, которому здесь предается Гегель, — подчеркивает В. И. Ленин, — есть борьба с абсолютированием понятия *закона*, с упрощением его, с фетишизированием его. *NB* для современной физики!!!»⁴ И дальше: для Гегеля «каузальность есть лишь

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 330.

² Там же, стр. 308.

³ Там же, стр. 233.

⁴ Там же, стр. 135.

одно из определений универсальной связи, которую он гораздо глубже и всестороннее охватил уже раньше, во *всем* своем изложении, *всегда* и с самого начала подчеркивая эту связь, взаимопереходы etc. etc. Очень бы поучительно сопоставить „*п о т у г и*“ новоэмпиризма (respective „физического идеализма“) с решениями, вернее, с диалектическим методом Гегеля»¹. 3) Но абстракции не цель, а средство постижения конкретного, способ приближения к истине. «Мышление, восходя от конкретного к абстрактному, не отходит — если оно *правильное* (NB)... *от истины*, а подходит к ней. Абстракция *материи, закона природы, абстракция стоимости* и т. д., одним словом, *все* научные (правильные, серьезные, не вздорные) абстракции отражают природу глубже, вернее, *полнее*»². Чтобы абстракции глубже отражали действительность (в понятиях и теориях науки), они берутся в совокупности. «Человеческие понятия, — подчеркивал В. И. Ленин, — субъективны в своей абстрактности, оторванности, но объективны в целом, в процессе, в итоге, в тенденции, в источнике»³.

Наконец, движение понятий, их смена и развитие связаны не только с ограничением применимости тех или иных понятий в определенной (новой) области явлений, но и с утверждением абсолютного содержания в этих понятиях и их системах. Как подчеркивал В. И. Ленин, «не голое отрицание, не зряшное отрицание, *не скептическое* отрицание, колебание, сомнение характерно и существенно в диалектике, — которая, несомненно, содержит в себе элемент отрицания и притом как важнейший свой элемент, — нет, а отрицание как момент связи, как момент развития, с удержанием положительного, т. е. без всяких колебаний, без всякой эклектики»⁴.

Процесс движения понятий, изображенный в диалектико-материалистической теории познания, выражает тенденции развития современной физики, и многие крупнейшие физики стихийно приходят к этой диалектике. В методологии естествознания XX в. можно выделить в основном четыре концепции о гносеологической природе естественнонаучных понятий вообще. Первая концепция: любое понятие является прямым, непосредственным отражением какого-то элемента объективной реальности. Согласно второй концепции, любое понятие является средством корреляции, систематизации наших ощущений, переживаний, представлений, т. е. данных опыта, эксперимента (с этой точки зрения ценность понятий определяется тем, в какой мере с их помощью удается построить максимально рациональную схему, систематизирующую не связанные, хотя бы внешне, между

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 146.

² Там же, стр. 152.

³ Там же, стр. 190.

⁴ Там же, стр. 207.

собой данные ощущений). Третья концепция: понятия являются средством выражения какой-то «абсолютной идеи» или даже абстрактной математической схемы, стоящей над «обычной материей» или лежащей в ее основе. Наконец, согласно четвертой точке зрения, понятия выступают как логические средства систематизации результатов взаимодействия объекта и субъекта познания (материально-практических и теоретических взаимосвязей), являясь в конечном счете отражением и представлением сущности вещей и процессов материального мира. Первая точка зрения — наивнореалистическая, вторая — позитивистская, третья — объективно-идеалистическая, а четвертая — диалектико-материалистическая. Необходимо отметить, что под давлением фактов ведущие физики современности А. Эйнштейн, Н. Бор, Луи де Бройль, В. Гейзенберг, М. Борн, П. А. М. Дирак и многие другие вынуждены были отходить от первой концепции, которая получила наиболее яркое воплощение в классической физике. Разочаровались они и во второй концепции (третья концепция, вообще говоря, была мало распространена среди физиков в конце XIX — первой половине XX в.) — достаточно вспомнить известную критику М. Борном позитивистских концепций Г. Дингла и Г. Маргенау¹, — которая в начале XX в. казалась физикам привлекательной из-за внешней антиметафизической и антимеханистической направленности, одобренной скептицизмом, который полезен в период крутой ломки понятий и представлений. Позитивистская гносеология, таким образом, не может удовлетворить физиков ввиду несостоятельности ее исходных основ, противоречащих сущности физической науки: первая исходит из признания ощущений как единственной и «последней» реальности, в то время как физика с необходимостью исходит из признания объективного существования внешнего мира, являющегося источником ощущений и восприятий и, следовательно, содержанием физических знаний. Следовательно, вторая концепция в конечном счете приводит к субъективизму и агностицизму (о чем свидетельствуют и многочисленные высказывания самих физиков, направленные против позитивистской гносеологии).

Среди ведущих физиков капиталистических стран все более популярными становятся идеи и принципы материализма и диалектики. А. Эйнштейн и другие физики-релятивисты, а также большинство представителей копенгагенской школы физиков во главе с Н. Бором пошли по этому единственно верному пути в вопросе о природе физического знания, однако их позиция в области методологии физики не всегда является последовательной, поскольку они стараются избежать однозначного, матери-

¹ См. М. Борн. Физика в жизни моего поколения. Сб. М., 1963, стр. 267—284 и др.

алистического решения основного вопроса философии в рамках гносеологии; иными словами, они не всегда последовательно придерживаются исходных основ диалектико-материалистической гносеологии. Напомним, что важную роль в придании материалистической направленности гносеологическим установкам физики XX в. сыграли труды по методологии физики известных советских ученых, таких, как С. И. Вавилов, А. Ф. Иоффе, Я. И. Френкель, М. А. Марков, В. А. Фок, И. Е. Тамм, Д. И. Блохинцев, и многих других, стоящих сознательно на позициях диалектико-материалистической философии.

Объективный характер понятий и понятийных систем в физической науке подчеркивали сами создатели новых фундаментальных физических теорий XX в. «...Понятия физики,— писал А. Эйнштейн,— относятся к реальному внешнему миру, т. е. они предполагают идеи о вещах, требующих независимого от воспринимающих субъектов «реального существования» (тела, поля и т. д.)...»¹ В другом месте он отмечал, что «без веры в то, что возможно охватить реальность нашими теоретическими построениями, без веры во внутреннюю гармонию нашего мира, не могло бы быть никакой науки. Эта вера есть и всегда останется основным мотивом всякого научного творчества»².

Ведущие физики копенгагенской школы во главе с Н. Бором неоднократно отмечали преемственность классической и квантовой физики в признании объективного характера понятий и понятийных систем. Расширение существующей понятийной системы физики, выразившееся в создании релятивистской и квантовой физики, писал Н. Бор, «не предполагает какой-либо ссылки на наблюдающий субъект (эта ссылка была бы препятствием для однозначной передачи опытных фактов). В рассуждениях теории относительности такая объективность обеспечивается учетом зависимости явлений от системы отсчета наблюдателя, тогда как в дополнительном описании какая-либо субъективность исключается благодаря учету тех обстоятельств, которые делают однозначным применение наших первичных понятий»³. «Давно уже объективность является высшим критерием ценности научных открытий,— замечает В. Гейзенберг.— Соответствует ли этому идеалу копенгагенская интерпретация квантовой теории? По всей вероятности, мы вправе сказать, что, насколько возможно, квантовая теория соответствует этому идеалу. Безусловно, квантовая теория не содержит никаких действительно субъективных черт, и она вовсе не рассматривает сознание физика как часть атомного события»⁴. Можно сделать вывод, что в признании объективного характера физических зна-

¹ А. Эйнштейн. Собрание научных трудов, т. III. М., 1966, стр. 613.

² А. Эйнштейн. Собрание научных трудов, т. IV. М., 1967, стр. 543.

³ Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание. М., 1961, стр. 147.

⁴ В. Гейзенберг. Физика и философия. М., 1963, стр. 34.

ний позиция основателей современной физики принципиально не отличается от позиции основателей классической физики (в физике XX в., конечно, изменяются логические приемы представления объективной реальности).

Однако признание объективности понятий и понятийных систем в физике XX в. вовсе не означает, будто не существует важных различий в понимании гносеологической природы физического знания между представителями классической и квантовой физики. Дело в том, что для обеспечения объективности описания и целостного охвата экспериментальных данных, как показал Н. Бор, «необходимо почти во всех областях знания обращать внимание на обстоятельства, при которых эти данные получены»¹. С предельной ясностью это положение изложено В. Гейзенбергом в работе «Физика и философия». В основе естествознания, признает он, лежат «различные формы реализма», суть которых может быть выражена следующим образом: «...мы объективируем положение, если утверждаем, что его содержание не зависит от условий, при которых оно может быть проверено». Мера объективности положений физической теории, следовательно, определяется независимостью от условий их проверяемости. В этом плане В. Гейзенберг выделяет две основные формы реализма — практический и догматический (метафизический). Первый допускает, что «имеются положения, могущие быть объективированными, и фактически опыт повседневной жизни в большей своей части состоит из таких положений», второй же утверждает, что «нет осмысленных положений о материальном мире, которые нельзя было бы объективировать»², что высказывания естествоиспытателя «не зависят от условий, при которых они проверяются». Догматический реализм в прошлом играл важную роль в развитии естествознания; достаточно сказать, что «точка зрения классической физики есть точка зрения догматического реализма». И только после появления квантовой физики стало ясно, что «естествознание возможно и без догматического реализма как основы», что «практический реализм всегда являлся существенной основой естествознания и останется таковым в будущем».

Весь ход рассуждений В. Гейзенберга свидетельствует о том, что он ведет речь не об объективности описания в смысле признания внешнего материального мира источником наших знаний, а в смысле соотношения объективного и субъективного в познавательном процессе. Говоря более определенно, рассуждения В. Гейзенберга можно интерпретировать следующим образом: в прежней методологии физики предполагалось, что все физическое знание состоит только из таких понятий и утверж-

¹ Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание, стр. 13.

² В. Гейзенберг. Физика и философия, стр. 57—58.

дений, которые характеризуют лишь физические объекты, в то время как в новой методологии явно признается наличие и таких понятий и утверждений, которые характеризуют и условия получения информации о внешнем мире. Метафизически-механистическая гносеология, рассматривающая субъективное лишь как нечто иллюзорное, второстепенное, наносное, ошибочное в познавательном процессе и не учитывающая диалектики объективного и субъективного, не может служить в качестве теоретико-познавательного метода в физике XX в. — таков по существу вывод В. Гейзенберга. И этот вывод, конечно, правилен. Но беда в том, что В. Гейзенберг не идет дальше этого вывода, он не видит или не желает видеть новой, диалектико-материалистической гносеологии, которая и является необходимым инструментом познавательной деятельности современных ученых. В этом смысле все его попытки найти какую-то «новую гносеологию» оказываются излишними, ибо она уже существует, более того, часто он ею практически пользуется.

*Диалектика субъекта и объекта —
исходный момент в понимании
объективности понятий
и теорий физики*

Создание релятивистской, а затем и квантовой физики привело к постановке в методологии физики вопроса, который был предметом философских дискуссий задолго до того, как сложилась физика XX в.: получает ли исследователь объективное знание, если никакое физическое явление не может быть описано либо без ссылки на наблюдателя, либо на его экспериментальные средства исследования, которые, как оказывается, могут существенным образом изменять поведение физических объектов? В релятивистской физике физические явления не могут быть описаны без ссылки на скорость движения инерциальной системы отсчета, в которой находится наблюдатель; в квантовой физике атомные явления не могут быть описаны без ссылки на измерительные устройства исследователя, без учета действий его при выполнении наблюдений над поведением физических объектов и т. д., причем предполагается, что само наблюдение изменяет ход событий.

Диалектико-материалистическая гносеология дает ответ на этот вопрос, суть которого заключается в том, что взаимодействие объекта и субъекта познания на уровне практики не противоречит признанию объективного существования внешнего мира, а именно предполагает такое существование и что соответственно субъективное в получаемом знании выражает момент объективной деятельности субъекта и не сводится к чему-то исклю-

чительно иллюзорному, ошибочному, условному. Ведь объективность наших знаний заключается в том, что источником этих знаний является внешний материальный мир, что в процессе познавательной деятельности человек получает объективную истину, т. е. такое содержание знаний, которое не зависит от субъекта. Однако эта объективная истина в наших знаниях выражается не сразу, не полностью, не абсолютно, а только приблизительно, относительно, частично на каждом данном этапе развития науки. Это диалектическое противоречие объективного и субъективного, абсолютного и относительного не только не отрицает современную форму материализма (как думают В. Гейзенберг и некоторые другие западные физики), но именно и было раскрыто К. Марксом, Ф. Энгельсом и В. И. Лениным в существенных чертах еще задолго до дискуссий об объективности знания, даваемого релятивистской и квантовой физикой.

Следовательно, развитие современной физики пошло по пути материализма и диалектики, даже вопреки тому, что сами создатели новой физики пытались отклонить тезис о безусловной диалектико-материалистической направленности науки вообще и физики в частности. А. Эйнштейн, Н. Бор и большинство других современных физиков сходятся в том, что понятийная система и способы описания в физике XX в. объективны по своей природе, т. е. обусловлены существованием материального мира, познаваемого в результате материально-практического взаимодействия субъекта познания с физическими объектами как фрагментами этого мира. Релятивистская и квантовая методология даже сохраняет тезис о возможности абсолютно объективного описания в физике, однако рассматривает этот тезис как идеал, к которому стремится развитие физического познания и который реализуется в каждой (новой) конкретной теории и в каждом конкретном способе описания лишь частично, неполно, относительно. Но именно такая методология и соответствует ленинскому учению о диалектике соотношения объективного и субъективного, абсолютного и относительного.

Теперь перейдем к более конкретному рассмотрению понятий и понятийных систем (их развитию и взаимосвязям) в физике XX в. Для этого нам понадобятся некоторые дополнительные определения. Исходное познавательное отношение в методологии физики XX в. выступает, по нашему мнению, в следующем виде: физические объекты — условия познания — наблюдатель; иными словами, активность человека как субъекта познания характеризуется с помощью таких двух понятий, как «наблюдатель (исследователь)» и «условия познания». Под условиями познания на уровне эксперимента подразумевается фон протекания исследуемых наблюдателем физических процессов, который опосредованным путем взаимодействует с физическими объектами, а также средства исследования последних, а

именно системы (тела) отсчета и измерительные устройства, сконструированные исследователем на основе определенных теоретических предпосылок. На уровне же теории под условиями познания подразумеваются функционирующий в данной теоретической системе «язык наблюдений», а также научный фон и средства развертывания и интерпретации новых теоретических систем.

Учитывая приведенные выше определения, отметим, что понятийный аппарат современной физики можно классифицировать следующим образом: а) понятия, «непосредственно» характеризующие определенные аспекты физического мира (например, движение, взаимодействие, причинность, пространство, время); б) понятия, характеризующие физический объект «сам по себе» (например, инвариантные величины и соотношения, вещество, поле, вакуум); в) понятия, характеризующие отношение условий познания к физическому объекту (например, варианты величины, допустим координаты, относительность одновременности); г) понятия, характеризующие условия познания в их отношении к объекту и наблюдателю (например, тело отсчета, система координат, измерительные устройства).

Можно предположить следующие возможные пути развития понятийного аппарата физической науки: а) уточнение содержания понятия; б) рассмотрение границ применимости понятия; в) ограничение сферы применимости понятия; г) «расщепление» данного понятия на два или несколько других понятий; д) принципиальный отказ от правомерности некоторых понятий; е) создание принципиально новых понятий. Необходимо подчеркнуть, что и для релятивистской, и для квантовой физики характерны несколько путей развития понятийного аппарата.

Попытаемся конкретизировать указанные выше положения, так сказать, в первом приближении. Прежде всего заметим, что содержание понятий в физике постоянно уточняется посредством планомерно поставленных экспериментов; на каждом данном этапе развития известна уже вполне определенная «протяженность» данного понятия (сфера его приложений). Конечно, понятие входит в состав одной или нескольких логических систем понятий, для которых характерна одинаковая область распространения для всех входящих в ее состав понятий; именно при вхождении понятия в такие системы и возникает вопрос о границах его применимости.

Для релятивистской и квантовой физики характерно не только «расщепление» и ограничение области применимости «старых» понятий, но и формулирование понятий, особенно ярко выражающих качественную специфику исследуемых физических явлений. Так, в релятивистской физике ограничивается «протяженность» понятия скорости распространения физиче-

ских взаимодействий (скорость распространения света в вакууме считается предельной скоростью), понятие скорости как бы «расщепляется» на два понятия — на скорость распространения света в вакууме и на все остальные скорости; уточняется содержание понятия пространства и времени (понятия «абсолютное пространство», «абсолютное время», «абсолютная одновременность» и другие удаляются как фиктивные) и т. д.

Релятивистская физика отказывается от такой концепции, как «механический эфир», и вводит принципиально новое понятие — понятие поля. Это понятие затем как бы «расщепляется» на понятия электромагнитного поля и поля гравитационного (не заряды и не частицы, а именно поле в пространстве между зарядами и частицами существенно для понимания физических явлений). После появления релятивистской физики в физической науке начался процесс классификации основных и неосновных физических понятий (ибо «неосновное» понятие может оказаться «основным», как это, например, случилось с понятием одновременности в релятивистской физике). Физики не только уяснили относительность разделения понятий на «основные» и «неосновные», но и начали более осторожно обращаться с «основными» понятиями, стали более критически относиться к существующим определениям понятий.

Соответственно и квантовая физика прежде всего ограничивает сферу применимости ряда понятий классической физики. Так, например, квантовая механика ограничивает «протяженность» таких понятий, как «координата» и «импульс частицы». Эти классические понятия могут характеризовать атомные объекты лишь в связи с измерительными устройствами, и притом взаимно исключаящим образом. В этом смысле копенгагенская интерпретация квантовой механики может оцениваться как определенное приспособление «старых» классических понятий к новому математическому формализму для описания новых физических объектов — атомных. Но из этого вовсе не следует, что все характеристики микрочастиц связаны с тем или иным классом макроскопических измерительных устройств: такие, например, характеристики, как заряд, масса, спин, степени свободы, вид волнового уравнения в данном поле, закон взаимодействия с другими частицами и ряд других, как раз не связаны с устройством приборов (в то время как координаты и импульсы частицы лишены однозначной макроскопической определенности). На эту сторону вопроса особое внимание обращали известные советские ученые, в особенности М. А. Марков и В. А. Фок. Так, например, В. А. Фок писал: предметом квантовой механики является «результат взаимодействия атомного объекта с классически описываемым прибором. Из рассмотрения таких взаимодействий выводятся и свойства атомного объекта, а предсказания теории формулируются как ожидаемые

результаты взаимодействий. Такая постановка задачи не исключает введения величин, характеризующих самый объект независимо от прибора (заряд, масса, спин частицы и т. п.), но в то же время позволяет изучать поведение объекта с той его стороны (например, корпускулярной или волновой), проявление которой обусловлено устройством прибора.

Новая постановка задачи позволяет, таким образом, рассматривать также и тот случай, когда разные стороны и разные свойства объекта не проявляются одновременно, т. е. когда невозможна детализация процесса, в котором объект участвует. Это будет так, если для проявления разных свойств объекта (например, способности электрона к локализации и его способности к интерференции) требуются несовместные внешние условия. Можно сказать, по Бору, что свойства, проявляющиеся при взаимно исключающих условиях, дополняют друг друга. Рассматривать одновременное проявление дополнительных свойств не имеет смысла. Этим и объясняется отсутствие внутреннего противоречия в понятии «корпускулярно-волновой дуализм»¹.

Однако создание квантовой (как и релятивистской) физики связано не только с ограничением сферы применимости понятий классической физики, но и с созданием принципиально новых понятий. На это обратили особое внимание советские ученые В. А. Фок и М. Э. Омельяновский. Главные усилия Бора, писал В. А. Фок, были направлены на разъяснение ограниченности старых классических понятий; в работах Н. Бора мало говорится о том, каковы те новые первичные понятия квантовой механики, которые в этом смысле встают на место классических понятий, не подчеркивается неограниченность возможностей уточнения описания атомных объектов при помощи новых понятий. «Ведь философское значение имеют не только ограничения, свойственные описанию явлений «самих по себе», в отрыве от средств наблюдения («дополнительность»), но и конструктивная часть квантовой механики и связанные с ней новые первичные понятия.

По нашему мнению, такими первичными понятиями, на которых можно строить атомную физику, являются следующие: относительность к средствам наблюдения, различие между потенциально возможным и осуществившимся (или между прогнозом и фактом) и, наконец, понятие вероятности как численной меры потенциально возможного. Аппарат квантовой механики, прямое назначение которого — служить для вычисления этой численной меры, в то же время является средством для введения новых абстракций, новых, более тонких физических понятий и для более точного описания на их основе свойств

¹ В. А. Фок. Квантовая физика и строение материи. Л., 1965, стр. 11—12.

атомных объектов. В связи с введением новых первичных понятий получает новую формулировку и понятие причинности»¹.

Создание и развитие релятивистской и квантовой физики демонстрирует гибкость и взаимную связь и таких фундаментальных понятий, как «взаимодействие», «формы движения», «пространство и время», «закономерность», «причинность» и многих других. Появление так называемых объединительных физических теорий (типа специальной теории относительности, квантовой механики), попытки создания «единой теории поля» и другие «объединительные» тенденции в развитии физики XX в. являются убедительным свидетельством внутренней взаимосвязи понятий физической науки.

Современная физика — источник новых логико-гносеологических идей

Следуя В. Гейзенбергу², можно утверждать, что в настоящее время в физической науке существует ряд замкнутых теоретических систем (физических теорий): механика Ньютона, термодинамика (включая и статистический подход), электродинамика и специальная теория относительности, квантовая механика и общая теория относительности (новой системой должна быть строящаяся теория элементарных частиц). Каждой из этих систем свойственны свои фундаментальные понятия и исходные принципы. Соотношение между этими замкнутыми системами понятий следующее: классическая механика содержится в специальной теории относительности как предельный случай (когда скорость света можно считать бесконечной) и в квантовой механике как предельный случай, когда планковский квант действия считается бесконечно малым. Классическая механика и отчасти электродинамика и специальная теория относительности необходимы для квантовой механики как основание для описания экспериментов. Термодинамика может быть связана с любой из указанных выше систем (исключая общую теорию относительности). Независимость существования электродинамики и специальной теории относительности, а также квантовой механики может служить свидетельством возможности появления новой замкнутой системы понятий, а именно теории элементарных частиц, в которой указанные выше две системы будут содержаться как предельные случаи.

Перед физиками, которые проявляют интерес к логико-гносеологическому анализу своих теорий, выяснению их философских основ, и философами-марксистами, занимающимися мето-

¹ В. А. Фок. Замечания к статье Бора о его дискуссиях с Эйнштейном. — «Успехи физических наук», 1958, т. LXVI, вып. 4, стр. 600.

² См. В. Гейзенберг. Физика и философия, гл. VI.

дологией физического знания, стоит большая проблема — выявить, к каким новым проблемам приводит этот анализ и каким путем необходимо их разрешать, способствуя, с одной стороны, правильной интерпретации результатов физики, определению основных тенденций ее развития, а с другой — пополнению арсенала материалистической диалектики новыми понятиями, категориями, в частности выражающими отношение между опытом и умозрением в познании физических объектов, роль категориального аппарата в интерпретации физических теорий, значение различных принципов в выявлении, выборе, проверке теоретических систем знания и т. п.

Но прежде чем перейти к более детальному рассмотрению вопроса о развитии понятий и их взаимосвязи в физических теориях, обратим внимание на несколько замечаний А. Эйнштейна, касающихся оценки понятийного аппарата современной физики в целом. Выше уже приводились его высказывания об объективном характере физических понятий. Это положение, однако, не исключает того обстоятельства, что связь между экспериментом и теоретическими конструкциями (определенными способами описания реальности) весьма сложная и неоднозначная. А. Эйнштейн и подчеркивал, что «не существует эмпирического метода без чисто умозрительных понятий и систем, и не существует систем чистого мышления, при более близком изучении которых не обнаруживался бы эмпирический материал, на котором они строятся»¹. В то же время А. Эйнштейн признавал «умозрительный характер» основ любой физической теории. Большинство естествоиспытателей XVIII и XIX вв. «были проникнуты идеей, что фундаментальные понятия и основные законы физики не были в логическом смысле свободными изобретениями человеческого разума и что они могли быть выведены из экспериментов посредством «абстракции», т. е. логическими средствами,— писал А. Эйнштейн.— Ясное осознание неправильности этого понимания по существу принесла только общая теория относительности.

Эта теория показала, что на фундаменте понятий, сильно отличающемся от ньютонова, можно соответствующий круг опытов объяснить даже более удовлетворительным и совершенным образом, чем это было возможно на ньютоновой основе... Их умозрительный характер вполне очевиден из того факта, что мы можем указать на две существенно различные основы, которые обе в высокой степени соответствуют опыту. Во всяком случае это доказывает, что всякая попытка логического выведения основных понятий и законов механики из элементарного опыта обречена на провал»². Признание умозрительного характера

¹ А. Эйнштейн. Собрание научных трудов, т. IV, стр. 342.

² Там же, стр. 183—184.

основных положений физики, подчеркивает далее А. Эйнштейн, конечно, не исключает того, что в науке именно «опыт — надежный руководитель...»¹ в раскрытии сущности вещей, закономерной связи явлений.

Существенной особенностью методологии физики XX в. является признание весьма сложной и неоднозначной связи между функционирующим в данной теоретической системе концептуальным аппаратом и экспериментальной ситуацией. Иными словами, способ описания в физике формируется не непосредственно логическим путем из экспериментальных ситуаций: на его содержание и структуру большое влияние оказывают и условия познания на уровне теоретического описания, «внутренние» закономерности развития теоретического знания. Если стать на позицию метафизически-механистической гносеологии, то невозможно даже представить себе (а тем более понять), как могут быть созданы две различные теории, опирающиеся на одни и те же экспериментальные основания; но именно такая ситуация возникла в физике после создания общей теории относительности. Тот факт, что развитие понятийных систем в физике XX в. не всегда направлялось непосредственными потребностями и результатами эксперимента и конкретными экспериментальными ситуациями, что существуют «внутренние» закономерности развития теоретического знания, что нет жесткой однозначной связи между средствами описания и объяснения и данной экспериментальной ситуацией, может быть рационально понят только на основе диалектико-материалистической гносеологии. Именно она раскрывает диалектику соотношения теории и эксперимента, признавая эксперимент основанием и критерием истинности теоретического описания и объяснения и вместе с тем указывая на сложный характер содержания и структуры теоретического знания, закономерностей его развития.

Дальше А. Эйнштейн подчеркивает, что в физической науке до начала XX в. существовали единые понятия. В физике XX в. понятия *«расщепились на две ветви, одна из которых принадлежит квантовой теории, вторая — (релятивистской) теории поля»*. Их объединение желательно, но еще не достигнуто. Вторая ветвь могла бы развиваться на основе идей Фарадея — Максвелла о замене понятия массы понятием электромагнитного поля. Идею, что вещество можно рассматривать как места особого сгущения поля, реализовать пока не удалось. *Однако сохраняется стремление к тому, чтобы многообразие явлений сводилось в чисто теоретическую систему из как можно меньшего числа элементов»*². Таким образом, по мнению самого Эйнштейна, ему не удалось сформулировать «чистую физику поля»: релятивист-

¹ А. Эйнштейн. Собрание научных трудов, т. IV, стр. 184.

² А. Эйнштейн. Собрание научных трудов, т. II. М., 1966, стр. 399.

ская физика оказалась построенной на двух фундаментальных понятиях — вещества и поля. Отсутствие единой системы понятий в современной физике дает основание А. Эйнштейну сделать вывод о проблематичном характере применяемых в физике способов выражения реальных состояний исследуемых физических систем. Он писал: «какие применимы в физике «адекватные средства» выражения и какими фундаментальными понятиями пользоваться для полного описания «реального состояния» исследуемых физических систем, ему «пока неизвестно. (Материальная точка? Поле? Какое-либо другое средство описания, которое надо еще найти?»)¹.

Создание релятивистской и квантовой физики, естественно, связано с развитием понятийной системы и принципов физики, а также методов мышления физиков. В релятивистской физике, писал В. Гейзенберг, «впервые была показана необходимость периодического изменения основополагающих принципов физики»; «понять квантовую теорию было бы наверняка еще значительно более трудно, если бы успех теории относительности не предостерег физиков от некритического применения понятий, которые заимствованы из повседневной жизни или классической физики»².

Стало общепризнанным, что релятивистская физика явилась главной движущей силой, отвергающей традиционные метафизические аксиомы и утверждающей право ученого-физика выдвигать идеи согласно своему предшествующему опыту. Общая теория относительности привнесла в физику множество новых плодотворных теоретических построений и вызвала критическое отношение к утверждениям, кажущимся само собою разумеющимися. «Труды Бора и Эйнштейна оказали решающее влияние не только на физику нашего века, но и на современное научное мировоззрение в целом,— считает И. Е. Тамм.— Теория относительности и теория квантов продемонстрировали общие закономерности развития научного познания. Наши знания не априорны, а вытекают из анализа и обобщения всего человеческого опыта. Поэтому всякое проникновение человека в новую, ранее неизведанную область явлений влечет необходимость коренного пересмотра и обобщения основных понятий и представлений, даже таких, как время, пространство, понятие физической закономерности. Это, конечно, не означает, что новый этап развития науки не учитывает результаты прежнего. С каждым новым шагом выявляются границы применимости понятий и законов, которые ранее считались универсальными, вскрываются закономерности более общего характера. Поэтому требования к новой теории становятся все более жесткими: она не

¹ А. Эйнштейн. Собрание научных трудов, т. III, стр. 624.

² В. Гейзенберг. Физика и философия, стр. 101.

только должна объяснять вновь открытые факты, но включать в качестве частного случая все ранее открытые закономерности, указывая точные границы их применимости. Так, все основы классической физики содержатся в более общих законах теории относительности и теории квантов, из которых они вытекают, в условиях, когда скорости тел малы по сравнению со скоростью света, а пространственно-временные масштабы явлений и массы тел таковы, что так называемое действие велико по сравнению с квантовой постоянной h »¹.

Для развития понятийной системы физики при построении релятивистской и квантовой физики использовались различные принципы, в особенности принцип соответствия, «начало принципиальной наблюдаемости» и принцип дополнительности. Остановимся вкратце на действии последних двух принципов, чтобы продемонстрировать всестороннюю, универсальную гибкость понятий в современном естествознании². Как известно, А. Эйнштейн, анализируя трудности, возникшие в физике на рубеже XIX—XX вв. при попытках объединения механики и электродинамики, пришел к выводу о необходимости критического пересмотра исходных понятий пространства и времени. Он установил, что эти общепринятые понятия в значительной степени базируются на произвольных предположениях, а не на фактах, и успешно перестроил существующую теорию электромагнитных явлений, исключив связанные с предубеждениями представления и понятия. При этом пересмотре традиционных понятий Эйнштейн, как он сам указывал, прибег к тому эвристическому правилу, которое может быть названо требованием «принципиальной наблюдаемости».

Согласно А. Эйнштейну, чтобы построить новую физическую теорию, рассматриваемую как целостная логическая система, в которой лишь отдельные понятия допускают «операциональное» определение и лишь отдельные высказывания — непосредственную «операциональную» проверку, необходимы прежде всего исходные принципы (постулаты, аксиомы), связывающие (определяющие) некоторые исходные, фундаментальные понятия. Те или иные эмпирические факты, отдельные опытные данные должны входить в эту систему в качестве дедуктивно полученных следствий и выводов. Но для такого логического построения необходимо установить исходные принципы и понятия, а они не могут быть получены путем простой индукции из эксперимента. Не случайно А. Эйнштейн отрицал существование каких-то единообразных «правил», определяющих выбор исход-

¹ И. Е. Тамм. Памяти Нильса Бора.— «Вопросы истории естествознания и техники», вып. 17. М., 1964, стр. 3.

² См. об этом более подробно в статье: П. С. Дышлевый, В. М. Свириденко. О принципе наблюдаемости и концепции дополнительности.— «Методологические проблемы теории измерений». Киев, 1966, стр. 13—56.

ных принципов и понятий новой физической теории. Он считал, что фундаментальные принципы должны быть «навязаны самим экспериментом»¹, т. е. что эти принципы должны быть как бы «подсказаны» всем ходом анализа эксперимента. Правда, здесь многое, конечно, зависит от интуиции исследователя, его воображения и методов мышления.

Представим себе, однако, что найден принцип (или несколько принципов), который может расцениваться как результат выражения данных экспериментов, как «эмпирический» постулат. Для построения физической теории недостаточно одного-двух принципов и понятий, для такого построения необходимы система принципов и система понятий. Иными словами, никакая совокупность данных экспериментов, даже выраженная в форме принципа, еще не может образовать теорию как логическую систему. Для построения последней всегда необходимо привлечение других принципов и понятий, не имеющих, вообще говоря, непосредственной связи с рассматриваемой совокупностью данных экспериментов. Эти принципы и понятия заимствуются из уже созданной теории или из представлений «обыденного опыта». В дальнейшем наступает весьма существенный этап построения теории: входящие в нее понятия и представления, а также другие принципы должны оказаться «совместимыми» с теми принципами, которые служат выражением эмпирических данных, иначе говоря, старые понятия, представления и принципы должны подвергаться критическому пересмотру с точки зрения того нового принципа, который должен быть положен в основу теории и который, предполагается, достаточно убедительно «навязан» данными экспериментов.

При проверке «благонадежности» известных принципов и понятий некоторые из них обнаруживают содержательную «несовместимость» с новым принципом (принципами), т. е. обнаруживается неправомерность использования этих известных принципов, понятий и представлений при построении новой теории. Такие понятия, следовательно, должны быть удалены, а их место должны занять модифицированные или новые понятия (вообще говоря, по сути несовместимые с удаленными). Именно такая ситуация сложилась, например, при создании специальной теории относительности, когда был выдвинут принцип постоянства скорости света, приобретший впоследствии достоверность «экспериментального факта». Сопоставление этого принципа с представлениями классической механики потребовало пересмотра некоторых ее фундаментальных понятий, таких, как «пространство», «время», «одновременность», привело к удалению из новой теории таких понятий, как «абсолютное пространство», «абсолютная одновременность», к замене их та-

¹ А. Эйнштейн. Собрание научных трудов, т. IV, стр. 214.

кими новыми понятиями, которые оказались по сути несовместимыми с указанными выше («абсолютными»).

Аналогичная ситуация имела место при создании квантовой механики. Введенный М. Планком в 1900 г. квантовый постулат (утверждение о дискретности действия и энергии) меньше всего можно было бы считать «непосредственным» или «индуктивным» обобщением экспериментальных данных. Но квантовый постулат позволил теоретически понять многие явления и поэтому все более приобретал статус «эмпирической достоверности». Вместе с тем начался критический пересмотр понятий классической физики с точки зрения их совместимости с квантовым постулатом. Этот пересмотр, продолжавшийся почти четверть века, привел к созданию новой теории — квантовой механики, в которой утверждение о дискретности действия (о существовании константы Планка h) является одним из исходных постулатов. В период создания квантовой механики большинство физиков еще продолжали надеяться, что квантовый постулат удастся в какой-то мере совместить с известными понятиями классической механики.

Решительный перелом наступил тогда, когда сначала Н. Бор, а затем В. Гейзенберг, М. Борн и другие осознали, что для создания эффективной (адекватной действительности) теории необходим критический пересмотр классических принципов и понятий и отказ от ряда классических понятий (таких, как «траектория», «орбита электрона» и т. д.), которые, следовательно, должны расцениваться как принципиально неприменимые к новой (атомной) области явлений. Критика и пересмотр таких обыденных понятий, как «длина», «интервал времени», «одновременность» и другие, проведенные специальной теорией относительности, стали возможны только после того, как был сформулирован принцип ограниченности скорости распространения взаимодействий (рассматриваемый как закон природы). Соответственно и соотношения неопределенностей, связанные с квантовым постулатом и рассматриваемые как закон природы, становятся исходным пунктом для критики существующих понятий классической физики. Как закон постоянства скорости света показывает степень нарушения классических понятий пространства и времени, приводя к свободному от противоречий толкованию определенной совокупности опытов, так и соотношения неопределенностей, подчеркивает В. Гейзенберг, «дают как раз ту степень нарушения классических понятий, которая необходима для непротиворечивого описания атомных процессов»¹.

Таким образом, рассмотрение логики создания важнейших физических теорий XX в. позволяет высказать мысль о существ-

¹ В. Гейзенберг. Физические принципы квантовой теории. Л.—М., 1932, стр. 11.

вовании определенного методологического принципа, дающего правила перехода от старой теории к новым. Согласно этому принципу, руководящую роль в процессе физического познания при построении новых теорий играют эксперимент, экспериментальные данные. Новая теория не создается на пустом месте, а выступает всегда как развитие, видоизменение, модификация старой теории, т. е. может рассматриваться как результат перестройки старой теории в соответствии с новыми экспериментальными данными. При этой перестройке принципы и понятия старой теории должны подвергаться критическому пересмотру с точки зрения нового эксперимента.

Выявление слабых мест старой теории, удаление элементов, неадекватных новому эксперименту, производится путем проверки согласованности по сути понятий и утверждений старой теории с некоторыми новыми понятиями и утверждениями, которые могут расцениваться как концентрированное выражение новых экспериментальных данных и которые, как полагают, должны быть положены в основу новой физической теории. Понятия, обнаружившие так или иначе несовместимость с новыми понятиями и принципами, должны рассматриваться как неправомерно употребляемые для описания новой области явлений и удаляться из теории (не входить в новую теорию). Их место занимают новые понятия и утверждения, которые несовместимы с удаленными понятиями. (Разумеется, само название «начало принципиальной наблюдаемости» нельзя признать удачным, ибо здесь по существу речь идет о формах перестройки теоретических систем, о формах перестройки и отбора адекватных (и неадекватных) понятий старой теории, а высказывание о «наблюдаемости» или же «ненаблюдаемости» является лишь своеобразной фиксацией факта соответствия или несоответствия старых или вновь вводимых понятий с принципами новой теории.)

Соответственно принцип дополнительности Бора относится к таким физическим объектам, для теоретического описания которых необходимо привлекать по сути несовместимые (взаимоисключающие, взаимоограничивающие друг друга) понятия, представления и системы понятий; правомерность каждого из указанных средств описания может определяться, в частности, типом экспериментальных ситуаций, обусловленных в свою очередь спецификой условий познания. Если принцип наблюдаемости может рассматриваться как правило, регулирующее переход от старой теории к новым и позволяющее осуществить отбор понятий, которые оказываются правомерными в новой области явлений, то принцип дополнительности определяет в общих чертах понятийный аппарат теорий «неклассического» типа, для которых существенное значение имеет несовместимость различных экспериментальных установок, что требует при тео-

ретическом описании явлений учитывать конкретность средств исследования.

Вместе с тем принцип наблюдаемости и принцип дополнительности тесно связаны между собой и в разных формах выражают одну из наиболее общих закономерностей процесса познания, согласно которой любое понятие или система понятий имеет ограниченную область применимости, за пределами которой употребление данного понятия или системы понятий становится уже неправомерным и теряет смысл. Иными словами, не существует «абсолютных» понятий и систем понятий, пригодных для исследования и теоретического описания любых явлений и любых сфер действительности; не существует понятий с неограниченной областью применимости. В естествознании понимание этого важного положения диалектико-материалистической теории познания было достигнуто по существу лишь в XX в. благодаря созданию релятивистской и квантовой физики, особенно благодаря работам Н. Бора, который неустанно указывал на ограниченность методологии классической физики, на ограниченность тех идеализаций, которые лежат в основе классических теорий.

Согласно принципу дополнительности, понятия, которые необходимо удалить из теории, не просто отбрасываются, но могут продолжать употребляться в своей (первоначальной) области применимости; более того, они могут оказаться необходимыми при теоретическом описании того самого физического объекта, для исследования которого пришлось создать новую теорию, освобожденную от старых понятий (так, например, квантовая механика содержит классическую механику в качестве своего предельного случая, причем для своего обоснования квантовая механика нуждается в понятиях классической механики, однако сама по себе классическая механика не может объяснить квантовых закономерностей).

Итак, создание, развитие и функционирование понятий как определенного способа постижения действительности в теоретической физике XX в., как одной из наиболее развитых форм теоретического знания вообще убедительно свидетельствует о диалектическом характере природы понятий, их гибкости и многосторонности, бесконечном разнообразии форм взаимосвязей между ними в специфических логических замкнутых системах, именуемых физическими теориями. Это еще раз доказывает правильность марксистского положения о том, что «значение *общего* противоречиво: оно мертво, оно нечисто, неполно etc. etc., но оно только и есть *ступень* к познанию *конкретного*, ибо мы никогда не познаем конкретного полностью. *Бесконечная* сумма общих понятий, законов etc. дает *конкретное* в его полноте. Движение познания к объекту всегда может идти лишь диалектически: отойти, чтобы вернее попасть...»¹.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 252.

В. И. ЛЕНИН ОБ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Тема «Ленин и история естествознания» представляет большой интерес для современного читателя. Хотя В. И. Ленин и не был историком естествознания в общепринятом смысле слова, тем не менее история науки о природе занимала значительное место в его трудах. Она связывалась Лениным с проблемами более широкого философского характера — методологического и мировоззренческого, с общим вопросом о взаимоотношении между марксистской философией и современным естествознанием, который всегда привлекал к себе самое пристальное внимание Ленина. Под этим углом зрения мы и попытаемся прежде всего проследить, с каких позиций В. И. Ленин подходил к истории естествознания, какое значение придавал изучению развития естествознания с точки зрения дальнейшей разработки марксистской диалектики.

*История естествознания
как источник творческой
разработки марксистской
диалектики*

Историю отдельных естественных наук и естествознания в целом, равно как и историю всей науки вообще, В. И. Ленин рассматривал как мощный живительный источник для творческой разработки материалистической диалектики. Последняя, по мысли Ленина, должна обогатиться философски осмысленными и логически обработанными и обобщенными результатами всего предшествующего развития наук о природе. Такая идея зародилась у Ленина, по-видимому, еще при написании им книги «Материализм и эмпириокритицизм», где дается обоснование мысли о том, что, согласно диалектике, необходимо становиться на точку зрения развития человеческого знания из незнания. В этом положении заключена суть диалектического взгляда на историю естествознания. Рассуждать диалектически в данной области означает, по Ленину, не предполагать готовым и неизменным наше познание, а разбирать, каким образом из незнания является знание, каким образом неполное, неточное знание становится более полным и более точным.

Первым ответом на вопрос, каким образом это происходит, служит ленинская идея о ступенях познания. В книге «Материализм и эмпириокритицизм» эти ступени рассмотрены прежде всего в их конкретном выражении (атом и электрон или классическая механика и новая физика). Позднее, в «Философских тетрадах», мы находим более широкие обобщения.

При характеристике построения «Науки логики» Гегеля В. И. Ленин прежде всего определяет роль и место истории науки в отношении к диалектике. Как известно, гегелевская «Наука логики» имеет следующую структуру: учение о бытии, учение о сущности, учение о понятии. Опираясь на историю науки и ее философское обобщение, В. И. Ленин раскрывает и материалистически толкует рациональный смысл этого деления. Он записывает: «Понятие (познание) в бытии (в непосредственных явлениях) открывает сущность (закон причины, тождества, различия etc.) — таков действительно *общий ход* всего человеческого познания (всей науки) вообще. Таков ход и *естествознания* и *политической экономики* [и истории]. Диалектика Гегеля есть, **постольку**, обобщение истории мысли. Чрезвычайно благодарной кажется задача проследить сие конкретнее, подробнее, на *истории отдельных наук*. В логике история мысли **должна**, в общем и целом, совпадать с законами мышления»¹.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 298.

Тут же В. И. Ленин детализирует это общее положение и намечает отдельные конкретные ступени, которые проходит человеческая мысль, двигаясь от явлений к сущности. «Сначала мелькают впечатления, затем выделяется нечто,— потом развиваются понятия качества... (определения вещи или явления) и количества. Затем изучение и размышление направляют мысль к познанию тождества — различия — основы — сущности versus явления,— причинности etc. Все эти моменты (шаги, ступени, процессы) познания направляются от субъекта к объекту, проверяясь практикой и приходя через эту проверку к истине (= абсолютной идее)»¹.

Диалектически обобщенная и обработанная история естествознания, включающая историю отдельных ее отраслей, должна послужить по замыслу Ленина тому, чтобы уже не в рамках отдельной науки, а в масштабах всего человеческого познания выяснить и обосновать, какие последовательные ступени в общем случае проходит человеческое познание, а следовательно, любая наука.

С такой общей точки зрения ступенями движения научного познания служат категории логики, категории диалектики. В. И. Ленин поясняет эту мысль следующим образом. Перед человеком сеть явлений природы. Инстинктивный человек, дикарь, не выделяет себя из природы, а сознательный человек выделяет, причем категории суть ступеньки этого выделения, т. е. познания мира, узловые пункты в сети, позволяющие познавать ее и овладевать ею.

Такая постановка вопроса сразу же указывает на огромную роль, которая должна принадлежать истории науки при разработке категорий диалектики, а тем самым и собственной системы всей диалектики. Говоря о диалектической логике, В. И. Ленин подчеркивает именно это центральное положение: логика (диалектика) должна быть выведена из истории познания мира, следовательно, из истории науки. Логика есть учение не о внешних формах мышления, а о законах развития всего конкретного содержания мира и познания его. Иначе говоря, логика есть итог, сумма, вывод истории познания мира.

Вот почему во многих местах «Философских тетрадей» в самой различной связи В. И. Ленин возвращается к мысли о необходимости с позиций диалектики обрабатывать, обобщать, подытоживать историю науки, в том числе историю естествознания. Эту задачу он ставит перед марксистами как одну из самых важных и первоочередных. Всем известные печальные события с 30-х до начала 50-х годов помешали выполнению этого ленинского наказа. Однако задача, поставленная Лениным, не только не утратила сегодня своего громадного теоретиче-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 301.

ского значения, но приобрела его еще в большей степени в связи с попытками разработать систему категорий диалектики, а тем самым и систему самой диалектики как науки. Но для этого необходимо всестороннее и глубокое изучение соотношения исторического и логического в том плане, в каком указал Ленин, когда он говорил о диалектической обработке истории науки. Исследовать историю мысли с точки зрения развития и применения общих понятий и категорий логики — вот что нужно, требовал он.

Какое большое значение придавал этой проблеме Ленин, видно из следующего высказывания: «Продолжение дела Гегеля и Маркса должно состоять в *диалектической* обработке истории человеческой мысли, науки и техники»¹.

Данный вопрос был поднят Лениным на принципиальную высоту. И это понятно, если учесть, что в диалектическом общении истории науки Ленин видел конкретный путь разработки общей теории марксистской диалектики как революционного оружия пролетариата в канун пролетарской революции. Ставя перед марксистами задачу в общем виде, Ленин, где только это было возможно, стремился конкретизировать ее. Так, анализируя категорию субстанции и ее место в процессе углубления познания материи, он отмечал, что тут нужны двоякого рода примеры: во-первых, из истории естествознания и, во-вторых, из истории философии. Но вслед за этим он уточняет: не «примеры» тут должны быть, так как сравнение не есть доказательство, а *квинтэссенция* той и другой истории, а также истории техники.

То же мы находим в другом месте, относящемся к вопросу об истории познания универсальной связи явлений мира. «Тысячелетия прошли с тех пор, как зародилась идея „связи всего“, „цепи причин“. Сравнение того, как в истории человеческой мысли понимались эти причины, дало бы теорию познания бесспорно доказательную»². Это относится и к учению о единстве противоположностей. Говоря, что разделение единого и познание противоречивых частей его есть суть диалектики, В. И. Ленин требует: «Правильность этой стороны содержания диалектики должна быть проверена историей науки»³. Стремясь хотя бы отчасти выполнить это прямое указание, группа философов и историков естествознания и техники сделала попытку показать правильность отмеченной Лениным стороны (или сути) диалектики в коллективной работе «Противоречия в развитии естествознания»⁴.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 131.

² Там же, стр. 311.

³ Там же, стр. 316.

⁴ См. «Противоречия в развитии естествознания». М., 1965.

Не раз вставал вопрос: кто должен выполнить задачу, поставленную Лениным перед марксистами в отношении диалектической обработки истории естественных наук, — философы или историки естествознания? Но философы в одиночку не в состоянии справиться с такой задачей, так как для этого нужны обширные знания в области истории той или другой отдельной естественной науки и всей их совокупности, а у философов, за редким исключением, таких знаний нет. В свою очередь историки естествознания, особенно те, которые придерживаются эмпирического, описательного направления в области историко-научных исследований, некомпетентны в области философии. Таким образом, в одиночку ни тем ни другим эта задача оказывается не под силу. Здесь нужен такой же тесный союз между философами и историками естествознания, такая же плодотворная взаимная помощь одним со стороны других, какие были заветаны Лениным в отношении союза между философами и современными естествоиспытателями. Только при наличии такого творческого делового контакта можно надеяться, что поставленная В. И. Лениным задача будет успешно выполнена.

Итак, красной нитью через «Философские тетради» проходит мысль о том, что развитие диалектики и ее систематизация должны быть осуществлены путем философской обработки истории науки. Вполне понятно поэтому, что когда Ленин стал намечать те области знания, философская обработка которых составляет основу теории познания и диалектики, то на первое место (после истории философии) он поставил историю отдельных наук, включая, разумеется, и естественные. Так рисовалась В. И. Ленину разработка марксистской диалектики на базе логического обобщения и обработки истории науки, в том числе истории естествознания.

История естествознания и современность

В философских трудах В. И. Ленин, как мы видим, постоянно обращался к истории естествознания и отдельных его отраслей, привлекал в качестве неоспоримых аргументов против идеализма и агностицизма данные физики, химии, биологии, геологии и других наук. При этом современное естествознание он рассматривал в неразрывной связи с его историей, а эту последнюю в свою очередь всегда брал в аспекте современности. Сопоставляя прошлое с настоящим, Ленин вскрывал тенденции развития естественнонаучной мысли на любом ее этапе. В результате не только выявлялось то принципиально новое, что присуще было естествознанию современной Ленину эпохи, но и удавалось в прошлом научного познания находить зародыши

современных идей и ответы на вопросы, которые, как казалось, только вставали перед учеными наших дней. История науки о природе показывает, что над решением этих вопросов люди бились и раньше, причем, и это самое важное, правильные ответы на них давались в прошлом уже не раз.

Но поскольку открытия естествознания всегда несут с собой новый естественнонаучный материал, возникающие на его основе проблемы всегда кажутся необычными, требующими каждый раз иного рассмотрения. Это верно. Но вместе с тем оказывается, что в связи с последними научными открытиями сплошь да рядом встают старые философские вопросы, лишь немного видоизмененные в соответствии с современными данными науки.

В книге «Материализм и эмпириокритицизм» В. И. Ленин всесторонне проследил, каким образом в условиях эпохи империализма и пролетарских революций «новейшая революция в естествознании» была использована реакционной философией в интересах идеализма и агностицизма, что вызвало кризис современной физики и всего естествознания. «Новая физика, найдя новые виды материи и новые формы ее движения,— писал Ленин,— поставила по случаю ломки старых физических понятий старые философские вопросы»¹.

Такие ситуации возникали на отдельных участках естествознания и раньше, как об этом свидетельствует история науки, но завершались они всегда одинаково: поражением идеализма и победой материализма. В. И. Ленин приводит факты, подтверждающие эту мысль. Вводя термин «физический» идеализм, он напомнил один эпизод из истории философии и естествознания: в 1866 г. Л. Фейербах причислил физиолога И. Мюллера к физиологическим идеалистам. Изучая «механизм» наших органов чувств в связи с ощущениями (например, указывая, что ощущение света возникает при различных воздействиях на глаз), Мюллер склонен был на этом основании отрицать, что наши ощущения суть образы объективной реальности. «Что ряд крупных физиологов *гнул* в те времена к идеализму и кантианству, это так же бесспорно, как бесспорно и то, что ряд крупных физиков *гнет* в наше время к философскому идеализму. «Физический» идеализм, т. е. идеализм известной школы физиков в конце XIX и в начале XX века, так же мало «опровергает» материализм, так же мало доказывает связь идеализма (или эмпириокритицизма) с естествознанием, как мало доказательства были соответствующие потуги... «физиологических» идеалистов. Уклон в сторону реакционной философии, обнаружившийся и в том и в другом случае у одной школы естествоиспытателей в одной отрасли естествознания, есть временный зигзаг, преходящий болезненный период в истории науки, бо-

¹ В. И. Ленин. Поли. собр. соч., т. 18, стр. 295.

лезнь роста, вызванная больше всего *крутой ломкой* старых установившихся понятий»¹.

Такое сопоставление современности с недавним прошлым в развитии науки не носит у Ленина характера внешней аналогии, а основано на раскрытии глубокой закономерности: идеализм не имеет в естествознании питательной почвы, он по своему своему существу чужд и враждебен естествознанию, которое в своей основе, в своих истоках глубоко материалистично. Поэтому под влиянием реакционной философии может подпасть только незначительная часть ученых и только на какое-то короткое время. В процессе дальнейшего поступательного движения научного познания выясняется полнейшая несостоятельность идеалистической трактовки новейших открытий в естествознании и утверждается материалистический взгляд на них, так как только он отвечает их сущности, их природе, их характеру. В. И. Ленин обращается к истории науки для того, чтобы вскрыть эту закономерную тенденцию.

Когда на рубеже XIX и XX вв. Оствальд создал свою «энергетику», В. И. Ленин показал, что по сути дела это была попытка мыслить движение без материи. Отрицание материального носителя движения встречалось и в прошлом. Ленин ссылается на И. Дицгена, который критиковал естествоиспытателей-идеалистов, веривших в нематериальное бытие сил, и называл их духовидцами. Конец этих верований известен: духовидцы потерпели полное поражение и целиком восторжествовал материализм.

В. И. Ленин показал, что для дальнейшей философской эволюции Оствальда и его «энергетики» открывались два противоположных пути: либо к материализму, куда неумолимо ведет естествоиспытателей логика и ход самих научных открытий, либо к идеализму, куда толкает их реакционная философия, в корне чуждая науке. Остаться в таких условиях где-то посередине невозможно. А именно так пытался поступить Оствальд, стремившийся примирить оба основных философских направления и встать над ними.

Насколько глубоко и правильно сумел уловить Ленин историческую тенденцию развития естествознания как вообще, так и в частности применительно к Оствальду и его «энергетике», показывает следующее знаменательное событие: в том же году, когда В. И. Ленин писал «Материализм и эмпириокритицизм», Оствальд публично объявил о своем поражении в борьбе против научного материализма и атомистики как его конкретного воплощения и открыто признал реальность атомов, молекул и других частиц материи. Так бесславно кончилась очередная попытка «опровергнуть» материализм ссылками на естествозна-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 323.

ние, в данном случае на энергетическую физику. Подобные ситуации повторялись и позже, причем ленинский подход к их анализу неизменно давал возможность найти правильный выход из создавшегося положения.

Наше поколение было свидетелем того, как долгое время глубоко материалистическая концепция, берущая свое начало в атомистике физики и химии, категорически отвергалась в применении к объяснению таких свойств живых существ, как наследственность, и даже квалифицировалась как ...идеализм и мистика! Но история науки учит, что материализм непобедим, даже если на него навешивается ярлык идеализма и схоластики; здесь надо было также ожидать полного поражения его противников. Так это и случилось. Однако в отличие от Оствальда, который нашел в себе мужество настоящего ученого открыто признать свою ошибку, современные противники материалистической концепции, объясняющей с позиций атомистики свойство наследственности живых существ, предпочли трусливо уклониться от открытого признания своего поражения.

Так история науки и ее философский анализ позволяют глубже понимать современность, видеть скрытые в ней внутренние тенденции развития научного познания.

Идея о веках в развитии естествознания

Вопрос о соотношении истории науки с современностью выступает у Ленина конкретно в идее о веках в истории науки о природе. В основе этой идеи лежит общий взгляд на соотношение объективной, абсолютной и относительной истины, согласно которому абсолютная истина складывается по зернам из суммы относительных истин. Каждая достигнутая человечеством более глубокая или более полная относительная истина есть новая века в развитии науки, в развитии познания по пути к раскрытию абсолютной истины.

С этой точки зрения В. И. Ленин сопоставляет ту (тогда уже пройденную) ступень развития научного познания, на которой человечество достигло открытия атомов, и ту (тогда еще только наступившую), на которой оно дошло до открытия электронов как составной части атомов. Но подобные ступени проникновения в сущность вещей относительны и преходящи. Это лишь веки на бесконечном пути движения науки к абсолютной истине. «Сущность» вещей или «субстанция» *тоже* относительны, — подчеркивал Ленин, — они выражают только углубление человеческого познания объектов, и если вчера это углубление не шло дальше атома, сегодня — дальше электрона и эфира, то диалектический материализм настаивает на временном, отно-

сительном, приблизительном характере всех этих *вех* познания природы прогрессирующей наукой человека. Электрон так же *неисчерпаем*, как и атом, природа бесконечна...»¹ Значит, диалектический материализм настаивает на приблизительном, относительном характере всякого научного положения о строении материи и ее свойствах.

В «Философских тетрадах» В. И. Ленин развил дальше эту мысль на примере сравнительного изучения атомов и электронов; те и другие выразили последовательные вехи развития науки и выражали тогда вчерашний и сегодняшний пределы знания о строении материи. Излагая и критически перерабатывая с позиций материализма гегелевскую диалектику, в частности положение о соотношении конечного и бесконечного, Ленин на основе данных естествознания утверждает: атомы и электроны — отдельные (конечные) моменты, или вехи, на бесконечном пути познания материи человеком, бесконечном потому, что сама материя бесконечна вглубь. Нельзя выдавать любое достигнутое нами знание о строении материи за полное, окончательное, исчерпывающее, возводя его метафизически в ранг абсолютной истины, «истины в последней инстанции». Ни атомы, ни электроны, ни другие какие-либо виды материи не исчерпывают собой всей материи, не являются первичными кирпичиками мироздания. Если же вопреки этому принять, что, скажем, атомы все же представляют собой такие первичные частицы, то отсюда неизбежно последуют серьезные ошибки, которые могут стать гносеологическим источником для идеалистических выводов из успехов науки. Так это и случилось в действительности. Атомы до конца XIX в. считались последними частицами материи, а потому сама материя трактовалась как совокупность атомов. Когда же оказалось, что атомы сложны, что они состоят из электронов (частиц, имеющих отрицательный заряд), то отсюда был сделан нелепый вывод об исчерпаемости материи, о ее «сведении» к электричеству. Вот почему идея о вехах на пути бесконечного познания человеком природы — это вместе с тем противоядие от идеалистических поветрий. «Электричество объявляется сотрудником идеализма, ибо оно разрушило старую теорию о строении материи,— пишет Ленин,— разложило атом, открыло новые формы материального движения, настолько непохожие на старые, настолько еще неисследованные, неизученные, необычные, «чудесные», что можно протащить толкование природы, как *нематериального* (духовного, мысленного, психического) движения. Исчез вчерашний предел нашего знания бесконечно малых частиц материи,— следовательно, заключает идеалистический философ,— исчезла материя (а мысль осталась)»².

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 277.

² Там же, стр. 300.

Не только в отношении атомов и электронов, но и в более широком плане В. И. Ленин сопоставлял различные вехи, или ступени, развития науки и соответственно те картины мира, которые складывались на этих ступенях. Имея в виду понимание характера движения физических тел в старой и новой физике, он писал: «...механика была снимком с медленных реальных движений, а новая физика есть снимок с гигантски быстрых реальных движений. Признание теории снимком, приближительной копией с объективной реальности, — в этом и состоит материализм»¹. Как точна эта сравнительная характеристика двух вех в развитии физики: старой физики (классической механики) и новой физики, особенно если сопоставлять теорию относительности Эйнштейна и механику Ньютона! Та и другая глубоко материалистичны, та и другая — это действительно лишь вехи на пути развития науки, представляющие собой относительные истины, но только с тем различием, что относительная истина, заключенная в теории Эйнштейна, гораздо полнее и глубже, а потому гораздо ближе к абсолютной истине, нежели заключенная в механике Ньютона.

Когда идеалисты пытались приписывать материализму вульгарную точку зрения, согласно которой он якобы признает одну лишь механическую картину мира, Ленин отвергал категорически такое утверждение. «Это, конечно, сплошной вздор, — писал он, — будто материализм утверждал «меньшую» реальность сознания или обязательно «механическую», а не электромагнитную, не какую-нибудь еще неизмеримо более сложную картину мира, как *движущейся материи*»². Эту «неизмеримо более сложную картину мира» выработала позднее современная физика, назвав ее квантовомеханической картиной микропроцессов. Ныне вырабатывается еще более сложная картина, основанная на проникновении в глубь атомного ядра и еще дальше — в глубь элементарных частиц.

Вехи в истории науки означают поворотные пункты в ее поступательном развитии. Это позволяет ставить и решать исходя из собственного движения науки вопрос о периодизации ее истории. Каждый новый период в ее развитии означает коренное изменение всей концепции данной науки и соответствующих ей основных понятий, коренную ломку старых принципов, законов (в смысле формулировки этих законов), понятий, теорий, представлений. В этой крутой, коренной ломке понятий, согласно Ленину, и состоит революция в естествознании.

В связи с этим В. И. Ленин приводит интересное высказывание позитивиста А. Рея (Ленин именует его «примирителем», так как Рей пытается примирить материализм с идеализмом):

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 280—281.

² Там же, стр. 296.

«В истории физики, как и во всякой истории, можно отличать крупные периоды, которые характеризуются различной формой, различным общим видом теорий... Как только наступает одно из тех открытий, которые отзываются на всех частях физики, устанавливая какой-либо кардинальный факт, неизвестный до тех пор или неполно оцененный, так весь вид физики меняется; начинается новый период. Так было после открытий Ньютона, после открытий Джоуля — Майера и Карно — Клаузиуса. То же самое происходит, видимо, после открытия радиоактивности...»¹ Недавно такую же примерно мысль высказал американский историк науки Т. Кун в книге, посвященной структуре революций в науке. Он высказал идею о том, что развитие науки совершается путем крутых ломок (т. е. революционных переворотов), в промежутке между которыми наступает, по его терминологии, «парадигма»; в течение одной и той же «парадигмы» процесс развития совершается в рамках сложившихся уже представлений, пока они не исчерпают себя и пока через их коренную ломку процесс развития науки не приведет революционным путем к установлению следующей «парадигмы».

Кун фактически выдвигает давно уже установленное в материалистической диалектике положение о том, что прогресс познания идет посредством постоянной смены революционной и эволюционной стадий развития, путем постоянного перехода от одной ступени, или вехи, знания к другой, составляющих бесконечный путь движения науки к абсолютной истине. Новое у Куна только терминология.

Итак, мы видим, что вопрос о вехах на пути познания материи и о сравнительной их характеристике неразрывно связан у Ленина с анализом истории науки и с сопоставлением науки прошлого с современностью.

Метод диалектической обработки истории естествознания

До сих пор мы говорили о содержании задачи диалектической обработки и логического обобщения истории естествознания. Но встает вопрос о методе постановки и решения подобного рода задачи. С чего надо начинать исследование? С установления фактов и их последующей обработки, отвечают одни исследователи. С выработки некоторой исходной логической схемы и последующего обращения к фактам, отвечают другие.

Вопрос о начале исследования, о его исходном пункте является существенным для современных историков естествозна-

¹ Цит. по: В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 323.

ния не только в смысле выработки ими определенного метода историко-научного исследования, но и в смысле правильной оценки начального этапа всякой науки, в том числе и любой отрасли естествознания. Замечательные мысли по этому поводу мы находим в ленинской работе «Что такое «друзья народа» и как они воюют против социал-демократов?».

Ставя вопросы, имеющие огромное общеметодологическое значение, В. И. Ленин писал по поводу критики работ К. Маркса идеологом народничества Михайловским: «Но что курьезнее всего, так это то, что г. Михайловский обвиняет Маркса в том, что он не «пересмотрел (sic!) всех известных теорий исторического процесса»... Да в чем состояли, на ⁹/₁₀, эти теории? В чисто априорных, догматических, абстрактных построениях того, что такое общество, что такое прогресс? и т. п... Да ведь такие теории... негодны по своим основным приемам, по своей сплошной и беспросветной метафизичности¹. Ведь начинать с вопросов, что такое общество, что такое прогресс? — значит начинать с конца. Откуда возьмете вы понятие об обществе и прогрессе вообще, когда вы не изучили еще ни одной общественной формации в частности, не сумели даже установить этого понятия, не сумели даже подойти к серьезному фактическому изучению, к объективному анализу каких бы то ни было общественных отношений?»² Такова постановка вопроса Лениным.

Как бы предвидя возможность подобных расхождений методологического характера между современными исследователями истории науки, Ленин отмечал как общую черту первоначального этапа всякой науки склонность к спекулятивным построениям, которые предпосылались конкретному фактическому исследованию и даже рассматривались как его замена. «Это самый наглядный признак метафизики, с которой начинала всякая наука: пока не умели приняться за изучение фактов, всегда сочиняли а priori общие теории, всегда остававшиеся бесплодными. Метафизик-химик, не умея еще исследовать фактически химических процессов, сочинял теорию о том, что такое за сила химическое сродство? Метафизик-биолог толковал о том, что такое жизнь и жизненная сила? Метафизик-психолог рассуждал о том, что такое душа? Нелеп тут был уже прием. Нельзя рассуждать о душе, не объяснив в частности психических процессов: прогресс тут должен состоять именно в том, чтобы бросить общие теории и философские построения о том, что такое душа, и суметь поставить на научную почву изучение фактов, характеризующих те или другие психические процессы. Поэтому обвинение г. Михайловского совершенно таково же, как если бы метафизик-психолог, всю свою жизнь писавший «исследования»

¹ Здесь и дальше в указанной работе метафизика понимается Лениным в смысле голый спекуляции.— *Б. К.*

² *В. И. Ленин.* Полн. собр. соч., т. 1, стр. 141.

по вопросу, что такое душа? (не зная в точности объяснения ни одного, хотя бы простейшего, психического явления) — принялся обвинять научного психолога в том, что он не пересмотрел всех известных теорий о душе. Он, этот научный психолог, отбросил философские теории о душе и прямо взялся за изучение материального субстрата психических явлений — нервных процессов...»¹

Требование начинать научное исследование с анализа фактов, а не с философских построений сочетается у Ленина с требованием конкретного подхода к изучаемым явлениям. Абстрактной истины нет, истина всегда конкретна — это положение марксистского диалектического метода Ленин последовательно проводит повсюду, в том числе и применительно к историческому исследованию. Душу марксизма он видит в конкретном анализе конкретной ситуации. Вот почему он так высоко ставил марксовский «Капитал», рассматривая это произведение с методологической точки зрения. «Гигантский шаг вперед, сделанный в этом отношении Марксом, — писал Ленин, — в том и состоял, что он бросил все эти рассуждения об обществе и прогрессе вообще и зато дал *научный* анализ *одного* общества и *одного* прогресса — капиталистического. И г. Михайловский обвиняет его за то, что он начал с начала, а не с конца, с анализа фактов, а не с конечных выводов, с изучения частных, исторически определенных общественных отношений, а не с общих теорий о том, в чем состоят эти общественные отношения вообще!»²

Из сказанного ясно и четко следует ответ на вопрос, с чего следует начинать любое, и в том числе историко-научное, исследование, в чем состоит суть научного метода, приложимого к любой области научного познания. Ленин категорически отвергает как ненаучный такой прием, когда начинают с составления некоей априорной логической схемы, которая предпосылается конкретному фактическому исследованию или тем более подменяет собой такое исследование. В таком случае на практике получается простой подгон фактов под заранее составленную логическую схему. Это совершенно бесплодное занятие, на которое нельзя тратить время и силы серьезному исследователю.

Метод диалектической обработки истории естествознания, основанный на ленинских принципах, предполагает, что все общие положения не предпосылаются конкретному исследованию в виде готовых схем, а выводятся из данных о реальной истории естествознания путем логического обобщения этих данных и их теоретического объяснения. Конкретность подхода здесь

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 1, стр. 141—142.

² Там же, стр. 143.

состоит в том, что, как указывал В. И. Ленин, диалектической обработке и обобщению подлежит история именно отдельных наук и что совпадение логического с историческим нельзя декларировать, а надо проследживать конкретно и подробно на истории отдельных наук.

Приведенные выше ленинские высказывания важны и потому, что в них характеризуется с методологической стороны начальный, по сути дела донаучный этап зарождения всякой отрасли знания. В изучении природы роль такого этапа сыграла натурфилософия. Но она давно уже себя изжила, и возвращаться к ней в любом ее виде в настоящее время означало бы тянуть науку назад, к ее донаучной стадии.

*Переход познания от явлений
к сущности и реальная история
естественных наук*

Изложенные выше идеи В. И. Ленина о вехах в истории познания природы и о категориях диалектики как логически обобщенных ступенях развития науки, в том числе и естествознания, помогают понять общий ход исторического развития естественных наук. Поэтому раскрытие диалектического соотношения между историческим и логическим одинаково важно как для разработки диалектики, так и для разработки истории естествознания. Вместе с тем, как мы уже показали выше, при осуществлении историко-научного исследования не может быть речи о том, чтобы заранее составить какую-то логическую схему, которую можно было бы применять механически к любому частному случаю. Напротив, здесь можно и нужно говорить лишь о выведении определенных логических следствий из конкретного анализа истории естествознания.

Сопоставляя порядок последовательного расположения категорий диалектики в качестве логически обобщенных ступеней познания, который мы находим у Ленина в «Философских тетрадах», с реальным ходом развития естественных наук, следует учитывать ряд обстоятельств. Прежде всего надо всегда помнить, что нельзя рассматривать изолированно одно или несколько положений, встречающихся в «Философских тетрадах», а надо брать всю их совокупность. Это необходимо потому, что отдельные ленинские положения, касающиеся соотношения исторического и логического, могут показаться взаимно противоречащими, если вырывать их из контекста ленинских высказываний по данному вопросу, взятых в целом, в их внутренней связи.

Точно так же было бы неправильно, на наш взгляд, пытаться усмотреть в истории каждой из естественных наук стро-

гую логическую последовательность, при которой на одной ступени ее развития формируется только одна данная категория, полностью вытесняющая собой все ранее возникшие категории и исключающая возможность зарождения позднейших категорий, выражающих более высокую ступень развития той же самой науки. В реальной действительности различные категории тесно переплетаются между собой, взаимодействуют, так что в чистом виде найти какую-либо отдельную категорию на любом этапе истории науки просто невозможно. Но в логике это не только возможно, но и необходимо делать. Именно логика, очищая реальный ход развития научного познания от всех привходящих обстоятельств, вскрывает внутреннюю последовательность ступеней, проходимых естественными науками в чистом виде, и представляет ее как логическую необходимость развития научной мысли.

Обратимся теперь к рассмотрению отдельных вопросов. Ленинское положение гласит, что одним из элементов диалектики служит движение человеческого познания от явления к сущности и от сущности менее глубокой к сущности все более и более глубокой. Или, как говорит В. И. Ленин в другом месте «Философских тетрадей», «мысль человека бесконечно углубляется от явления к сущности, от сущности первого, так сказать, порядка, к сущности второго порядка и т. д. *без конца*»¹. В применении к реальной истории науки это положение вызывает ряд вопросов.

Первый вопрос: означает ли это, что развитие всякой науки всегда начинается с эмпирического наблюдения явлений без всякой попытки проникнуть в их сущность, пока эти явления не будут изучены в достаточной мере, с тем чтобы познание могло перейти к раскрытию сущности самого низкого (первого) порядка? Нет, не означает. Более того, как отмечал Ленин, научному познанию того или иного объекта природы всегда предшествует натурфилософский («метафизический», или спекулятивный) подход; такой подход, являясь ненаучным, часто содержит догадку о сущности данного явления, которая раскрывается в действительности лишь в отдаленном будущем, на более высокой ступени развития науки. Значит, фактическому изучению явлений на деле предшествует спекулятивная попытка предугадать их сущность.

Так было, например, в случае античной атомистики и учения древнегреческих философов об элементах и стихиях. Все это были гениальные натурфилософские (значит, чисто спекулятивные) догадки о сущности физических и химических явлений, и эти догадки были выдвинуты в такое время, когда сами явления природы не подвергались еще какому-либо системати-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 227.

ческому экспериментальному изучению. Правда, и натурфилософские догадки строились на основе наблюдения каких-то явлений природы, но это не было еще их научным познанием.

В ряде мест «Философских тетрадей» мы встречаем у Ленина ссылки на то, как такие догадки подтверждались позднее, в особенности современным естествознанием. Например, Гегель называл произволом и скукой мысль Эпикура о «криволинейном» движении атомов, Ленин же направляет против Гегеля вопрос: «А электроны?»¹ Здесь В. И. Ленин имел в виду, что современное естествознание открыло такие частицы материи (электроны), еще более мелкие, чем атомы, которые совершают внутри атома криволинейные движения вокруг атомного ядра. Следовательно, догадка Эпикура, которую Гегель третирует как произвол и скуку, по существу подтвердилась в XX в. — такова мысль В. И. Ленина.

Но разумеется, во времена Эпикура не было известно никаких явлений природы, которые для своего объяснения требовали бы разработки представления о криволинейных движениях электронов внутри атомов. Значит, в данном случае реальный путь познания начинался не с изучения конкретных явлений природы, а с попытки непосредственно проникнуть в сущность еще не познанных и даже не открытых явлений природы. С логической точки зрения подлинное (а не спекулятивное, не кажущееся) проникновение в сущность явлений может осуществиться лишь после того и на основе того, как будут изучены и познаны сами явления, сущность которых люди стремятся раскрыть и познать. Это имеет место не только в логике, но и в реальной истории научного познания.

Второй вопрос: означает ли последовательность движения познания от явления к сущности и далее в глубь сущности, что с момента проникновения в сущность явлений изучение самих явлений уже закончилось, так что движение познания совершается теперь только в сфере абстрактных представлений о сущности? Нет, не означает. Изучение явлений не только не прекращается с началом проникновения науки в их сущность, но напротив, каждый шаг в глубь сущности сопровождается либо все более полным изучением уже ранее известных явлений, либо открытием новых явлений, для объяснения которых требуется перейти от сущности данного порядка к сущности более высокого порядка. Так, открытие радиоактивных явлений повлекло за собой переход от представлений о неизменных химических элементах, которые охватываются периодическим законом в его менделеевской формулировке (сущность, так сказать, более низкого порядка), к представлению о превращаемых химических элементах, которые охватываются периодическим законом в его

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 266.

новой, физической формулировке, выраженной, например, в «законе сдвига» (сущность более высокого порядка). Но это проникновение в сущность происходило благодаря открытию и изучению новых явлений природы, так что переход познания на деле совершался как бы в двух плоскостях: а) от сущности одного порядка к сущности следующего, более высокого порядка и б) от новых явлений (радиоактивности) к раскрытию их сущности, совпадающей с сущностью этого более высокого порядка по отношению к прежним представлениям о сущности (законе) химических элементов.

Таким образом, здесь реально оба познавательных процесса — движение познания от явления к сущности и его движение в глубь сущности — совмещаются, совпадают, идут параллельно и взаимообусловленно. Но опять-таки логика очищает эти процессы от всего привходящего и вычленяет их главную логическую последовательность: сначала изучаются явления, а затем познание переходит к раскрытию их сущности, причем сущность многоступенчата и познание движется в глубь сущности по ее ступеням.

Третий вопрос: означает ли движение познания от явления к сущности, что одновременно с ним познание не совершает других переходов, например от сосуществования к каузальности и от менее глубокой к более глубокой каузальной связи? Нет, не означает. Реальное движение познания к истине представляет собой сложный, многогранный и внутренне противоречивый процесс. Он не укладывается в простую схему, подобную той, по какой обычно пишутся книги: сначала идет заглавный лист, затем первая страница текста, за ней вторая и т. д. Но логически обработанная и обобщенная история мысли, история научного познания должна быть представлена в такой именно простой последовательности, а потому логическое хотя и совпадает в конечном счете с историческим, но вместе с тем существенно отличается от него в смысле стройности и последовательности расположения отдельных ступеней, которые в ходе реального познания часто перемешиваются и перепутываются между собой.

Так, при изучении явлений живой природы познание фиксирует как бы сосуществование между собой множества живых существ, взаимоотношение которых пока не позволяет раскрыть какие-либо каузальные связи. Но по мере того как познание начинает переходить от явления к сущности и как раз в меру этого перехода, начинает раскрываться за первым поверхностным представлением о сосуществовании различных живых существ более глубокое представление о причинных (каузальных) зависимостях между ними и о их зависимости от внешних условий (среды). Именно этот переход к пониманию каузальных связей в живой природе дал возможность Дарвину разрушить

старый телеологический взгляд на живые существа. Но это было вместе с тем и переходом от явления к сущности в данной области познания природы.

Не случайно В. И. Ленин первоначально отметил как один из элементов диалектики «бесконечный процесс углубления познания человеком вещи, явлений, процессов и т. д. от явлений к сущности и от менее глубокой к более глубокой сущности, от сосуществования к каузальности и от одной формы связи и взаимозависимости к другой, более глубокой, более общей»¹. Только потом он разделил этот первоначально единый элемент диалектики на два самостоятельных.

Процесс познания происходит как одновременное движение научного познания от явлений к сущности и от сосуществования к каузальности, и это подтверждает история передовых учений в биологии. Развитие современной генетики, раскрывшей более глубокие и детальные причины и «механизмы» явлений наследственности, показало, что переходу научного познания от менее глубокой к более глубокой сущности действительно отвечает, как это и отмечал Ленин, переход от одной формы связи и взаимозависимости к другой, более глубокой и общей.

Но все же, несмотря на такое соответствие, здесь имеются два разных плана, или разреза, одного и того же познавательного процесса. Чтобы показать многоплановость реального движения научного познания, можно сослаться на открытие Д. И. Менделеевым периодического закона химических элементов. Это событие в истории естествознания может быть представлено в одно и то же время в разных логических планах: не только как переход от описания химических элементов и их свойств, а значит, и связанных с ними химических явлений к раскрытию их сущности, но и как переход: а) от познания меры отдельного химического элемента (мера как единство качественной и количественной его определенности — его «химизма» и его «массы» в виде атомного веса) к познанию узловой линии отношений меры (в виде расположения всех элементов в последовательный ряд по величине их атомных весов); б) от простого сосуществования химических элементов к раскрытию каузального отношения между ними (закономерной зависимости их физических и химических свойств от их атомного веса); в) от познания момента особенности у химических элементов (их разбивка по признаку сходства на «естественные группы») к познанию момента всеобщности у них (их охват общей для всех них периодической системой, основанной на общем для них периодическом законе) и т. д.

Но многоплановость движения научного познания в реальном историческом развитии естествознания отнюдь не исклю-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 203 и фотокопия.

часть возможности такой логической обработки этого движения, которая позволит резюмировать его в логически стройной последовательности отдельных ступеней познания, вычленив из этого движения.

*Логическая последовательность мысли
и действительный ход естествознания*

Продолжим рассмотрение вопросов, встающих в связи с тем, что логическое далеко не полностью совпадает с историческим, а представляет собой историческое в его очищенном от случайностей виде, освобожденном от его формы, предполагающей взаимное наложение и переплетение различных планов и аспектов.

Четвертый вопрос: означает ли формирование сначала качественной определенности вещи, а затем ее количественной определенности, что качественное исследование всегда предшествует количественному и что с переходом к количественному исследованию качественное прекращается вовсе? Нет, не означает. Разумеется, что раскрытие каких-то сторон качества вещи так или иначе должно предшествовать ее измерению с целью познания количественной стороны той же вещи. Но раскрытие количественной определенности может начаться прежде, чем качественная определенность будет достаточно полно установлена, так что в дальнейшем раскрытие обеих сторон или определенностей данной вещи будет совершаться уже одновременно.

Например, было время, когда качественное исследование химического состава вещества не было еще проведено в более или менее заметных масштабах; но уже тогда отдельные, наиболее легко очищаемые от примесей металлы стали исследоваться не только качественными, но и количественными методами (пробирное искусство). Таким образом, получается, что в действительной истории изучения веществ природы количественные методы возникли и применялись уже задолго до того, как получили развитие качественные методы.

Более того, в истории науки хорошо известны такие случаи, когда качественная определенность неизвестных еще объектов природы (а значит, и сами эти объекты) обнаруживалась только на основе количественных исследований. Таким именно путем были открыты, например, отдельные газы с помощью количественных методов исследования (весовых и объемных), а также невидимые части оптического спектра (ультрафиолетовая и инфракрасная) — путем количественных (термических) измерений.

Это означает, что качественная и количественная стороны вещей и явлений находятся в теснейшем взаимодействии

между собой и что только в абстракции мы можем отделить одну от другой и сказать: познание движется от установления качественной («тождественной с бытием», по Гегелю) определенности предмета к установлению его количественной («равнодушной к бытию», по Гегелю же) определенности. Но так именно должна поступать логика, поскольку она стремится представить в чистом виде логическую последовательность движения научной мысли.

Пятый вопрос: означает ли, что практика не может и не должна рассматриваться как особая ступень познания, поскольку в реальной истории познания она пронизывает весь процесс познания от начала до конца? Нет, не означает. Разумеется, практика всегда была и есть в последнем счете источник и стимул научного познания, его «конечная цель» (в смысле сферы приложения его результатов) и критерий его истинности. Однако логически, как и в предыдущих случаях, процесс движения научного познания к истине можно представить так, как охарактеризовал его В. И. Ленин в «Философских тетрадах»: «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности»¹.

Но это, разумеется, не означает, что практике в реальном движении познания отводится только «третья ступень» познания и что на первых двух (чувственной и абстрактно-теоретической) ей нет места и роль ее здесь сводится к нулю. Здесь речь идет исключительно о логической последовательности в раскрытии познавательных-практических функций науки, в данном случае естествознания: сначала раскрывается его эмпирическая функция (установление фактов, их собирание, первичная систематизация, описание и т. д.); затем его теоретическая функция (установление внутренней связи между фактами, их обобщение и объяснение, возможность прогнозирования и т. д.); наконец, его практическая, технико-производственная функция, когда прокладывается путь для новых отраслей промышленного производства и когда естествознание все полнее и полнее становится непосредственной производительной силой.

В свое время среди философов возникла дискуссия относительно того, представляет практика «третью основную ступень познания» (следующую за чувственной и рациональной его ступенью) или нет. Дискуссия оказалась досадно однобокой, а потому бесплодной и даже несколько схоластичной. Одна из спорящих сторон исходила из учета лишь логического момента познавательного процесса (логически обоб-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 152—153.

щенного и очищенного от конкретных деталей), но не смогла связать этот абстрактно выделенный его момент со всем реальным процессом познания, с действительной историей науки. Другая сторона, напротив, в основу положила весь действительный процесс познания (всю историю науки как нерасчлененное целое) и не увидела возможности и необходимости вычленения из него логического момента, выражающего внутреннюю логическую связь и последовательность различных моментов или аспектов процесса человеческого познания.

То обстоятельство, что в ленинской формуле о движении познания к истине практика является заключительным звеном всего процесса, его высшим этапом, отнюдь не означает отрицания возможности считать ее исходным пунктом и движущей силой всего познания и постоянно действующим критерием его правильности. Как раз наоборот, именно в практике, в практическом применении достижений науки, в том числе и в особенности естествознания, обнаруживается, что практика является источником и стимулом всего познавательного процесса и критерием истинности его достижений, его результатов.

Так своеобразно раскрывается соотношение между историческим (конкретным целым) и логическим (абстрактно выделенным) в марксистской диалектике, и это имеет исключительно большое значение для диалектической обработки истории естествознания.

Необходимость изучения науки прошлого и бережного отношения к ней

До сих пор мы рассматривали отношение В. И. Ленина к истории науки преимущественно с философской стороны. Но этот вопрос имел у него и другую, сугубо практическую сторону.

Высокая оценка, которую дал Ленин собиранию и изучению материалов по истории науки, истории деятельности отдельных ученых прошлого, неразрывно связана с общей его позицией в вопросе об отношении марксизма к культуре и науке предшествующих исторических эпох. Вульгаризаторы марксизма, особенно его враги, всячески пытались доказать, будто марксизм означает отбрасывание духовных ценностей, накопленных человечеством за более чем двухтысячелетнюю историю. Сегодня, почти полвека спустя, полезно вспомнить, какую теоретическую и практическую борьбу против этой вредной концепции вел В. И. Ленин.

Еще в 1913 г. в статье «Три источника и три составных части марксизма», ссылаясь на историю науки, он писал:

«История философии и история социальной науки показывают с полной ясностью, что в марксизме нет ничего похожего на «сектанство» в смысле какого-то замкнутого, застененого учения, возникшего *в стороне* от столбовой дороги развития мировой цивилизации. Напротив, вся гениальность Маркса состоит именно в том, что он дал ответы на вопросы, которые передовая мысль человечества уже поставила»¹.

В. И. Ленин неоднократно подчеркивал, что марксизм не только не отбросил ценнейшие завоевания буржуазной эпохи, а, напротив, усвоил и переработал их. Только дальнейшая работа на этой основе и в этом направлении, одухотворяемая практическим опытом диктатуры пролетариата, может быть признана развитием действительно пролетарской культуры.

Те же мысли Ленин изложил в речи «Задачи союзов молодежи» на III съезде комсомола. Обращаясь к делегатам съезда, Ленин предупреждал их, что они совершили бы огромную ошибку, если бы попробовали сделать вывод, будто можно стать коммунистом, усвоив коммунистические лозунги, выводы коммунистической науки, но не овладев той суммой знаний, последствием которых является сам коммунизм. Карл Маркс, говорил Ленин, «опирался на прочный фундамент человеческих знаний, завоеванных при капитализме», доказывал правильность своего учения, полностью усвоив то, что дала прежняя наука. Все, что человеческой мыслью было создано, он переработал, подверг критике.

Изучение истории культуры, истории науки — необходимый элемент коммунистического воспитания, обучения и образования молодежи. Выполняя ленинские заветы, мы должны удерживать молодежь от зазнайства, помогая ей понять, каким образом из суммы человеческих знаний родился коммунизм, родилось марксистско-ленинское учение, освещающее путь движения человечества к своему будущему.

В заключение приведем одно личное свидетельство о том, как Ленин относился к истории науки, как он ценил деятелей науки прошлого. В 1947 г. была издана книга О. Д. Тригоровой-Менделеевой «Менделеев и его семья». «В 1918 г. управляющий делами СНК В. Д. Бонч-Бруевич передал мне,— писала Тригорова,— что Владимир Ильич Ленин поручил ему сказать, что я, как дочь Дмитрия Ивановича Менделеева, должна написать о моем отце свои воспоминания, так как ни одна черта из жизни Дмитрия Ивановича не может быть забыта и представляет собой общественный интерес»².

Я попросил В. Д. Бонч-Бруевича подробнее рассказать об эпизоде, о котором пишет Тригорова-Менделеева, и вообще обо

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 23, стр. 40.

² О. Д. Тригорова-Менделеева. Менделеев и его семья. М., 1947, стр. 3.

всем, что он слышал от Ленина о Менделееве. «К сожалению, удовлетворить Вашу просьбу не могу, ибо от Владимира Ильича я не слышал каких-либо особых суждений о Менделееве, — сообщил мне Бонч-Бруевич. — Он ставил его как деятеля науки очень высоко; в память его заботился о его семье; просил всех, кто общался с ним, записывать свои воспоминания и говорил, что все это немедленно надо печатать. К мемуарам, воспоминаниям, дневникам, к письмам и вообще ко всей эпистолярной Владимир Ильич относился с величайшим вниманием. Всегда говорил, что все это является весьма важным источником для изучения эпохи, биографии отдельных лиц, групп, партий.

Он всегда настаивал, что эти произведения надо немедленно печатать, и сам любил их внимательно читать и даже писать рецензии, как это он сделал по отношению записок Суханова, этого «не нашего» — как говорил он — человека, но написавшего интереснейшие записки о первых днях Февральской революции.

Вот он побуждал и дочь Д. И. Менделеева писать свои записки, что та, благодаря его настоянию, и сделала.

Владимир Ильич не раз говорил, что необходимо издать совершенно полное собрание сочинений Д. И. Менделеева, включив в них решительно все, что написано его рукой.

Вот то малое, что могу я Вам сообщить по интересующему Вас вопросу».

Приведенное письмо говорит о многом: В. И. Ленин высоко ценил все документальные данные об исторических событиях, и в том числе об истории науки; Ленин лично интересовался этими документами, рекомендовал их тщательно собирать, хранить и изучать, ибо они входят составной частью в тот исторический материал, обработка которого (разумеется, критическая) позволяет глубже проникать в ход событий прошлого. Такие документы, по мнению Ленина, не должны лежать в архивах мертвым грузом, а должны как можно быстрее путем публикаций доводиться до широкого круга читателей, что позволит сделать документы доступными для исследователей в целях обработки и обобщения.

Это свидетельство приобретает особый интерес, если рассмотреть его в связи со всеми высказываниями В. И. Ленина, в которых затрагиваются вопросы истории науки, истории естествознания.

ПРОБЛЕМА СИНТЕЗА СОВРЕМЕННОГО НАУЧНОГО ЗНАНИЯ В СВЕТЕ МАРКСИСТСКО-ЛЕНИНСКОЙ ФИЛОСОФИИ

Ленинская идея союза и содружества философов-марксистов и естествоиспытателей приобретает особое значение в современную эпоху. Влияние успехов естествознания XX в. на все стороны социальной жизни настолько значительно, открытия современной науки настолько глубоки и необычны, что философский разбор всего комплекса теоретико-познавательных проблем, выдвигаемых развитием современной науки, становится насущной задачей времени. Научное знание — эта, по выражению В. И. Ленина, великая гордость человечества — было предметом его пристального внимания. В. И. Ленин тщательно следил за развитием естествознания своего времени. Его беспредельное уважение к науке, к подлинному знанию служит вдохновляющим примером в современной разработке философских проблем естествознания. Важнейшим условием успешной разработки этих

проблем является содружество и творческое общение естествоиспытателей и философов, на необходимость которого указывал В. И. Ленин.

Среди проблем, выдвигаемых развитием современной науки, в последние годы все более и более осознается проблема единства научных знаний как одна из насущных теоретических проблем нашего времени. Проблема эта порождается необычным разветвлением и разнообразием современного знания вообще.

Многообразии современных научных знаний общеизвестно. Оно связано с бурным ростом современной науки, с ее усложнением, сопровождающимся возникновением новых научных дисциплин и направлений. В силу этого необычайно возросло количество самой разнообразной научной информации, поставляемой различными науками. Возникают часто непреодолимые трудности переработки и освоения этой информации, трудности, которые несут в себе возможность самоторможения процесса научного развития. А между тем в самой природе науки лежит стремление к единству знания. Необходимо исследовать это стремление, выявить формы и средства этого единства, ибо оно может стать одним из важнейших способов преодоления тревожащего противоречия между все возрастающим объемом и разнообразием научной информации, с одной стороны, и имеющимися средствами ее использования — с другой. Раскрытие единства науки — насущная потребность современного развития познания мира. Стремление к единству научного знания призвано способствовать преодолению указанного противоречия, которое порождается самим прогрессом науки. Осознание этого стремления к единству науки, выявление особенностей этого процесса и его закономерностей — одна из важнейших задач современных исследований в области философии естествознания. Обращаясь к этому процессу, как он совершается в коллективном знании человечества, в определенном смысле не зависящем от воли отдельной личности, можно усмотреть различные типы этого единства. Мы выделяем здесь по крайней мере четыре типа, или четыре пути, объединения научного знания.

Первый тип объединения состоит в том, что в процессе дифференциации знания возникают научные дисциплины типа кибернетики, семиотики, общей теории систем, само содержание которых связано с выявлением общего в самых различных областях исследования. На этом пути происходит своеобразная интеграция знания, компенсирующая до некоторой степени многообразие и отграничение друг от друга различных научных дисциплин. Однако сами эти интегрирующие науки многообразны и их развитие и возможное появление такого рода новых дисциплин оборачивается в конечном счете своеобразной новой дифференциацией науки. Разрешение возникающего на этом пути противоречия можно искать в естественном стремлении различных

наук к взаимному влиянию или взаимодействию, в результате которого законы одной науки служат методом решения проблем в других областях научного знания. В этом можно усмотреть второй тип единства научного знания.

На этом пути в силу процесса математизации знания возникает тенденция к методологическому единству на основе какой-либо одной, обычно наиболее развитой, специальной науки. Эта тенденция, плодотворная на определенном этапе, рано или поздно обнаруживает свои границы.

Третий тип стремления к единству научного знания связан с природой фундаментальных понятий, которые, возникая первоначально в сфере обыденного языка и в системе философских знаний, приобретают затем смысл основных научных понятий. Можно сказать, что в данном случае мы имеем дело с концептуальным единством науки. Подобного рода единство имело место еще в классическом естествознании. Понятия пространства, времени, силы могут служить примером объединяющих понятий в естественных науках классического периода. Такие, например, понятия, как «вероятность», «симметрия», «структура», «информация», становятся общенаучными понятиями, способствующими выработке единого языка науки и осуществляющими единство человеческого знания.

В качестве обобщения концептуального единства науки возникает возможность четвертого, в известном смысле самого существенного пути к единству научного знания, а именно пути дальнейшей разработки философской методологии. Наука — это система многообразных знаний, и развитие каждого элемента этой системы невозможно без внутреннего их взаимодействия и, что особенно важно, без взаимодействия со всей целостной системой. А закономерности целостного образования в данном случае служат предметом также и логико-философских исследований.

Возможны и другие подходы к проблеме единства знания, но все они так или иначе нуждаются в качестве предпосылки в определенном истолковании и понимании природы науки. В данной статье мы хотели бы обратить внимание читателя на некоторые философские аспекты указанной проблемы. Для этого необходимо рассмотреть науку как особую форму человеческого знания, которое в свою очередь может быть понято как одна из многообразных форм человеческой активности.

Можно сказать, что наука представляет собой особый тип знания. Но это означает, что, прежде чем исследовать науку и рассматривать ее многообразие и единство, необходимо рассмотреть именно знание как нечто более общее и первоначальное. Жизнедеятельность человека невозможна без знания, но наука возникает на достаточно высоком уровне человеческой культуры в качестве особого типа знания. Любая наука есть знание, но не

всякое знание есть наука. Для того чтобы подойти к исследованию пауки, необходимо понять знание как существенную черту человеческой культуры, человеческой деятельности.

Знание индивида и знание коллектива

В истории философии еще в эпоху ее зарождения ставилась проблема структуры знания и была выдвинута идея различия между знанием человеческого индивида и знанием человеческого коллектива. Под человеческим коллективом можно понимать некоторое социальное объединение людей, характерное для данной эпохи. Закономерности строения и развития социальных образований, разумеется, требуют особого исследования. Для наших целей, однако, достаточно отметить, что человеческий коллектив, который нас интересует, должен обладать некоторой цельностью, и эта цельность должна выражаться, в частности, в особом характере знания, присущем всему данному коллективу. Знание человеческого индивида и знание человеческого коллектива связаны друг с другом и не существуют друг без друга. Характер и уровень знания отдельного человека определяются характером и уровнем знания эпохи, в которой он живет. Конечно, это определяющее влияние коллективного знания неоднозначно. Один человек получает возможность в «просвещении» стать с веком наравне» и глубже и полнее других понять насущные проблемы своей эпохи. Другой остается в своем индивидуальном знании на уровне эмпирических представлений. Но именно эта неоднозначность влияния коллективного знания ставит проблему исследования структуры знания, проблему взаимосвязи элементов этой структуры. Исследуя связь и взаимовлияние коллективного знания и знания индивида, мы имеем все основания различать эти два типа знания, не разрывая их и не теряя из виду их взаимную связь. Каждый из этих типов знания может быть представлен как своеобразный живой организм, как развивающаяся система. При всей их связи они существенно различны, как различны живая клетка и живой организм, образованный из клеток.

В генетическом, или, лучше сказать, историческом, срезе знания человеческого коллектива мы можем усмотреть картину возникновения науки, развивающейся постепенно из первоначальных форм знания. Структурный срез предполагает рассмотрение результатов знания и его формы в тот или иной исторический момент. В структурном срезе этого типа знания легко видеть, что в каждую данную историческую эпоху знание неоднородно. В современную эпоху структурная картина знания чрезвычайно сложна и мозаична: она включает в себя множест-

во разнообразных элементов. Если, однако, иметь в виду крупные элементы этой картины, то современное знание, как и знание предшествующих столетий, когда уже сформировалось научное знание, содержит по крайней мере три основных элемента — искусство, философию и науку, поскольку мы проводим различие между философией и наукой, понимая под наукой специальные науки — общественные, естественные и технические (вообще практические).

Элементы научного подхода возникали уже у древнегреческих мыслителей, и этот подход был связан с первоначальными формами диалектики. Уже перед Платоном исследование знания предстало как проблема драматических противоречий человеческого мышления. Элеаты — древнегреческие философы, учившие о единообразии и неподвижности всего существующего, — вскрыли эти противоречия, предоставив последующим поколениям искать приемлемые решения. Коротко говоря, это были противоречия, возникающие на пути познания непрестанно изменяющегося мира, данного человеку в чувственных восприятиях. Смысл проблемы, которая волновала античных мыслителей, предельно сжато выразил В. И. Ленин: «...вопрос не о том, есть ли движение, а о том, как его выразить в логике понятий»¹. Платон видит способ разрешения проблемы в признании различных родов знания, которые «независимы друг от друга и по своим свойствам различны»². Принцип расчленения знания усматривается Платоном в особенностях личности. Всякий человек обладает знанием, основанным на доверии к данным ощущений или к мнениям других людей. Это легко изменяющийся, неустойчивый тип знания, не заслуживающий доверия. Некоторая часть людей, однако, поднимается над такого рода знанием. Эти люди обладают способностью к рассудочному знанию, которое заслуживает большего доверия, чем неустойчивое и обманчивое знание чувственных восприятий или заимствованное и изменяющееся знание, основанное на мнениях.

Вместе с тем и рассудочное знание не является, согласно Платону, истинным знанием в полном смысле этих слов. Самым высоким и подлинно истинным знанием является постижение предвечного мира идей. Это знание достигается прежде всего высшим разумом. «Разумом, — говорит Платон, — обладают только боги, из людей же лишь самая незначительная часть»³. Соответственно родам знания существуют и роды сущности. Это и позволяет Платону предложить способ разрешения проблемы движения. Непрестанно текущий и вечно изменяющийся мир познается посредством чувств, в то время как мир неизменных

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 230.

² Платон. Тимей, 51 Е. Киев, 1883.

³ Там же.

сущностей, или идей, постигается рассудком и в особенности в своей полноте и истинности разумом. Нас, однако, в этой логике понятий интересует другое: здесь в наивной форме не только выражена мысль о различных уровнях знания, свойственных человеческому индивиду, но и дано первичное расчленение всей области знания на индивидуальное и безличное.

Идеалистическая концепция Платона о предвечном мире идей, как и любая другая форма философского идеализма, выросла, как подчеркивал В. И. Ленин, на «живом дереве, живого, плодотворного, истинного, могучего, всесильного, объективного, абсолютного, человеческого познания»¹. Мысль Ленина о гносеологических корнях идеализма дает основание рационально интерпретировать предвечный мир платоновских идей как первоначальное и полное фантастических представлений выражение той верной мысли, что существует знание, свойственное социальному коллективу эпохи и в этом смысле независимое от индивида. Отдельный человек может оставаться всю жизнь неграмотным. Знания такого человека весьма ограничены. Другие люди получают возможность приобщиться к коллективному знанию и внести в него результаты своего личного мышления. Тем не менее само это знание как система идей развивается по своим законам, которые не вольна изменить отдельная личность, как бы всесильна в других отношениях эта личность ни была. Здесь видно, как от принципа расчленения знания, вытекающего из особенностей индивида, происходит переход к принципу расчленения, вытекающему из особенностей самого знания.

Разумеется, особенности самого индивида имеют место и эти особенности могут стать предметом специальных исследований. Но нас интересуют в данном случае отличительные особенности знания человеческого индивида, а не индивид сам по себе, сформированный в данной социальной среде. Продолжая рассмотрение знания средствами теоретической абстракции, можно сказать, что знание отдельного человека, будучи неотделимым от безличного знания коллектива, также может быть подвергнуто генетическому и структурному срезам. И эти срезы дадут существенно отличные картины в сравнении с теми, которые получены были в результате соответствующих срезов знания, свойственного социальному организму.

В этом случае мы имеем дело с субъектом, которому противостоит объект, и дело заключается в том, чтобы понять знание как знание об объекте. Со времени Канта понятие субъекта приобрело определенный философский смысл и стало предметом детального гносеологического анализа. Разумеется, и до Канта это понятие обсуждалось в истории философии. Однако оно не приобретало в тот период проблемного характера, который ти-

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

пичей для современного содержания этого понятия¹. Нас здесь интересует лишь один аспект проблемы: какие можно найти основания к тому, чтобы из данных чувственного восприятия совершать переход к внешнему миру. Результат этого перехода и будет знанием о мире.

Нет сомнения, что такой переход совершается в реальной практике познания уже на уровне чувственных восприятий. В этом смысл и содержание «так называемого *наивного реализма*, т. е. обычного, нефилософского, наивного взгляда всех людей, которые не задумываются о том, существуют ли они сами и существует ли среда, внешний мир»². Проблема заключается в том, как теоретически осмыслить этот переход к внешнему миру и понять, каким образом в знании осуществляется переход от субъекта к объекту. При этом существенно, что «наивное» убеждение человечества *сознательно* кладется материализмом в основу его теории познания»³. Теоретически исследуя содержательность знания, нельзя оставаться на уровне наивного реализма, ибо современная наука ставит такие теоретико-познавательные проблемы, которые могут быть решены только на основе всестороннего анализа природы знания. Поиски оснований своеобразного движения от субъекта к объекту открывают возможность понять природу человеческого знания и исследовать тенденции его развития, ведущие к более высоким его формам.

Генетический разрез знания отдельного человека исследуется в психологии, и прежде всего в области так называемой генетической эпистемологии. Интересные и важные в этом отношении результаты получены Жаном Пиаже. Мы в данном случае имеем в виду результаты его специальных психологических исследований, на которые мы можем сослаться как на конкретные научные данные, получившие экспериментальное обоснование. Ж. Пиаже исследует действия с объектами и опыт таких действий. Формирующееся мышление ребенка выступает как система операций, понимаемых как особого рода форма внутренних действий. При этом выделяются четыре основные стадии развития индивидуального мышления. На первой стадии происходит становление операций. Вторая стадия характеризуется формированием речи и интериоризацией действий. На третьей стадии внутренние действия приобретают структурный характер и формируется логика реальных действий. И наконец, возникает способность к формальным операциям, а сами операции образуют структурное целое⁴.

¹ Подробнее об этом см.: В. А. Лекторский. Проблема субъекта и объекта в классической и современной буржуазной философии. М., 1965.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 63.

³ Там же, стр. 66.

⁴ См. Ж. Пиаже, Б. Инельдер. Генезис элементарных логических структур. М., 1963.

В связи с интересующей нас проблемой важно заметить, что существенным признаком операций, по Пиаже, является их обратимость. Иначе говоря, для каждой операции должна существовать обратная операция, возвращающая ситуацию в исходное состояние. Действие субъекта может быть, конечно, каким угодно и сколь угодно произвольным. Исследования, однако, показывают, что только оперативный характер внешнего действия приводит к системе внутренних действий. Именно возможность обратного действия, или, иначе говоря, своеобразная симметрия этого действия, и обеспечивает возможность его закрепления в субъекте, превращения в систему внутренних действий. В этом случае у субъекта возникает возможность схватить в своих действиях устойчивые моменты и тем самым зафиксировать объекты, независимые от его внутренней активности. В этом пункте можно видеть начало формирования той привычной нам и вместе с тем удивительной по своей природе особенности человеческого индивида, которую называют знанием. Можно было бы сказать, что знание — форма активности субъекта. Однако сама по себе активность еще не составляет знания. Точнее сказать, знание возникает вместе с активностью, но оно представляет скорее ее результат, зафиксированный в системе внутренних действий, а не активность саму по себе. Именно фиксированность действий, их оперативный, иначе говоря, инвариантный или структурный, характер и составляет существенный признак знания объекта.

Разумеется, знание индивида с самого начала социально опосредовано. Вот почему при переходе от генетического среза индивидуального знания к его структурному срезу можно наблюдать существенно различные уровни знания у различных людей. Это различие, по-видимому, определяется, если предполагать равные возможности, различием социального микроклимата, в котором формируется и функционирует индивид. Социальная опосредованность индивидуального знания глубоко скрыта в специфике человеческого поведения. Если игнорировать эту опосредованность, то развитие личности, ее способности к знанию и таланты представляются как свойства, присущие ей изначально. Нет сомнения, что, констатируя эти свойства, мы указываем на предмет исследования. Философски не обоснованные заключения возникают тогда, когда указание на предмет исследования выдается за решение проблемы.

Можно считать вполне верным утверждение, что способность к знанию есть свойство личности. Но в этом утверждении скрыта проблема, которая состоит в том, чтобы найти те факторы, которые сформировали это свойство. Можно полагать, что эти факторы необходимо искать в знании, которое включает в себя не только знание отдельного человека, но и коллективное знание, формирующееся как нечто надиндивидуальное и в силу этого способное воздействовать на отдельную личность.

Рассматривая всю систему человеческого знания, мы видим, что его форма, или, лучше сказать, структура, коренится в нем самом, в его природе. Будучи продуктом человеческой деятельности, знание тем не менее по своему содержанию не зависит от человека. Более того, оно и по форме, или, иначе, по своей структуре, складывается и развивается независимо от воли той или иной личности. Имея свои законы развития, оно само может стать и становится объектом исследования.

Современная дифференциация научного знания является прямым следствием предшествующего развития и вытекает из закономерностей познавательной деятельности. Осознавая проблему синтеза современного научного знания, мы вынуждены обратить внимание лишь на общие структурные характеристики философии и специальных наук в их взаимных отношениях, сложившихся к нашему времени. Отмечая в данной статье различие философии и науки и подчеркивая вместе с тем их органическое единство в системе развивающегося знания, мы тем самым лишь намечаем общие черты дальнейших философских исследований глубоких исторических закономерностей развития философии и ее связи с развитием специальных наук.

Различая специальные науки и философию, мы фиксируем своеобразие предмета и метода исследования этих сфер познавательной деятельности. Философия сама по себе неоднородна, как по-своему неоднородна и наука. Каждая специальная наука имеет свой предмет исследования, и в силу многообразия мира мы имеем все увеличивающееся множество естественных и общественных наук. В области философии аналогичным образом можно наблюдать множество направлений и систем. Однако дифференциация философии имеет другие основания в сравнении с дифференциацией специальных областей науки. Эти основания лежат в особой социальной роли философии и в особенностях самого процесса познания мира. Дело здесь в том, что многообразие философских идей и борющихся друг с другом философских школ может быть сведено к основным направлениям. Известно, что философские истины постигаются в борьбе материализма с идеализмом, диалектики и метафизики, ибо истина есть процесс. Познание мира весьма сложно и противоречиво, и эта сложность в области философского знания проявляется в том, что на пути к истинному знанию возможны преувеличения граней познания, искажения и отступления от истины, которые и составляют гносеологические основания идеалистических систем. Мы уже обращались к мысли В. И. Ленина, который подчеркивал, что философский идеализм вырастает на живом де-

реве живого, плодотворного, истинного, всеильного, объективного, абсолютного человеческого познания.

На первых порах решения той или иной проблемы идет борьба конкурирующих идей, с одинаковым правом претендующих на истинность. Только в процессе борьбы различных идей выясняется в конечном счете верное решение. Можно сказать, что первоначально заблуждения неотделимы от истинного знания и в этом смысле являются формой постижения истины, формой осознания новых проблем, когда истинное до сих пор решение начинает обнаруживать в ходе познания свою несостоятельность. В этой борьбе, происходящей на протяжении всей истории познания, вырабатывается научный подход к миру, к исследованию его реальных процессов. В этом отношении философия не противостоит специальным наукам, но в лице современной философии сама становится научной философией.

Можно утверждать, что философия — это одна из наук наряду с другими науками¹. И такая оценка философии будет верной, если речь идет о современной диалектико-материалистической философии. Вместе с тем философия имеет такие специфические особенности, которые позволяют выделить ее как особую форму знания в общей картине познавательной деятельности человека и сопоставить ее с другими науками. Философия отличается от специальных наук не только основаниями и характером своей дифференциации, но и своими задачами и способами исследования. Это отличие определяется прежде всего особенностями предмета. Специальные естественные науки, например, составляют знание о вещах, свойствах и отношениях (законы) объективной действительности. Задача философии не только в том, чтобы на основании специальных знаний найти наиболее общие законы объективного мира, но и исследовать сам процесс познания. Эта последняя задача проистекает из необходимости разрешить основной вопрос философии, который «сводится к противоположению материи духу, физического психическому»².

Философия ставит и решает проблему соотношения знания и объекта знания, и это составляет важнейшую задачу философских исследований. Нет сомнения, что основной вопрос философии в конечном счете решается в материалистическом духе. Следует, однако, иметь в виду, что это решение осуществляется в ходе борьбы философских идей. В каждую данную историческую эпоху в связи с развитием естественных наук, с их крупными достижениями на пути познания мира основной вопрос философии воспроизводится в новой форме, требуя осмысления с философских позиций новейших научных данных. При этом,

¹ См. *И. В. Кузнецов*. Нет! Философия — это наука. — «Вопросы философии», 1962, № 1.

² *В. И. Ленин*. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 48.

как говорил В. И. Ленин, «совпадение понятий с „синтезом“, суммой, сводкой эмпирии, ощущений, чувств *несомненно* для философов *всех* направлений»¹. Вопрос, который разделяет философские направления, состоит в том, откуда это совпадение — из природы или из самого знания².

Диалектико-материалистическая философия решает задачу синтеза знания, отправляясь от природы, от тех ее законов, которые открываются и исследуются естественными науками. В самом общем виде можно сказать, что единство мира, поскольку идея этого единства вытекает из всей истории развития естествознания и философии, определяет единство знания, и задача синтеза научного знания в силу этого может быть решена на основе содержательного анализа итогов научного знания и его современных данных. Естествознание в каждую данную историческую эпоху определяет своими достижениями ту форму материализма, которая характерна для данного времени и которая изменяется с каждым крупным открытием в области науки. В этом проявляется существенная связь философии и естественных наук. Великие открытия естествознания XIX в., а затем революционные изменения и громадные успехи познания природы в XX в. определили форму и содержание современной философии.

Специальные науки, отличаясь от философии, связаны с ней, и эта связь, равно как и различие, может быть прослежена на основании изучения особенностей научного знания. Справедливо подчеркивалось, что характерный признак любой науки — это открытие и включение в систему знания законов данной области исследования³. Специфика философии, согласно этому признаку, заключается в большей степени общности законов, исследуемых ею, в сравнении с законами специальных наук. Если иметь в виду специальные науки о природе, то можно указать и на другие критерии, позволяющие выделить философию как особый элемент со специфическими функциями в системе человеческого знания. Эти критерии можно искать в особом характере метода исследования как философии, с одной стороны, так и специальных наук — с другой.

Каждая специальная наука имеет свои методы, определяемые особенностями предмета. В первоначально педифференцированной сфере знания наука возникает как система законов, опирающихся на опытные факты. Возможность и необходимость непосредственной экспериментальной проверки теоретических выводов науки является важнейшим отличительным признаком спе-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 257.

² См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 257; К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 34—35.

³ См. Б. М. Кедров. Философия как общая наука.— «Вопросы философии», 1962, № 5.

циально научного метода. В развитой системе человеческого знания, где философия и естественные науки выделились в относительно самостоятельные области исследования, эта особенность специально научного метода дает еще один критерий отличия философии от специальных наук. Разумеется, философия имеет дело с фактами, с данными общественной практики и научного познания. Дело заключается лишь в особенном характере фактов, на которые опирается философия.

Научный факт может быть понят как элемент структуры научной теории. Особенность научного факта состоит в том, что его достоверность обеспечивается средствами, лежащими вне этой структуры. Если речь идет об экспериментальном факте, на который опирается специальная научная теория и полное значение которого выявляется лишь в структуре данной теории, то в этом случае процедуры экспериментирования служат основанием достоверности факта. Поднимаясь на следующий этаж познания и рассматривая специальное научное знание в качестве предмета исследования, философия рассматривает данные естественных наук, получившие значение достоверного знания, как специфические факты, на которые опирается структура философского знания. В качестве фактов для философской науки служат теоретические достижения самих естественных наук. Философия не занимается постановкой физических, химических, биологических и других экспериментов. Она не подменяет собой специальные исследования природы. Философия опирается на результаты этих исследований.

Специальные науки вырабатывают также свои способы объяснения явлений. Исследуемое явление считается понятым и получившим объяснение, если удается включить данный конкретный факт в систему законов, найти его место в существующей или будущей теории. Чтобы понять структуру, скажем, атомов водорода, необходимо было построить общую теорию атомной структуры. Только на основе такой теории можно объяснить известные из опыта оптические свойства атомов водорода, равно как и других известных атомов химических элементов. Здесь мы имеем дело с проявлением объяснительной силы теории. На пути создания новой теории или применения уже известной решается также и проблема предсказания новых наблюдаемых явлений. Если исследователь встречается со специальной проблемой в той области, где уже была выработана теория явлений, то происходит процесс применения теории, которая в этом случае становится методом решения специальных задач. Известно, например, что для расчета траектории искусственного спутника Земли используется общая теория механического движения.

Природа научного метода такова, что решение частной проблемы предполагает включение исследуемого явления в общую

теоретическую систему. Наука вырабатывает способы такого включения, если известна теория данного круга явлений, или направляет свои усилия на создание новой теории, если такое включение не удастся. Выработка способов объяснения изучаемого явления в системе существующей теории, или, другими словами, применение известной теории к новым фактам, составляет путь экстенсивного развития науки. На этом пути происходит применение законов данной научной теории к самым различным научным и техническим задачам. Путь экстенсивного развития приводил и приводит к громадным успехам в познании. Конечно, этот путь рано или поздно встречается с трудностями и сменяется интенсивным развитием. А такого рода развитие предполагает необходимость разработки новых теорий. Создание же новой научной теории — сложный творческий процесс, в котором существенную роль играет философское мышление. Здесь можно видеть не только различие, но и сходство специально научного и философского методов исследования. Способствуя построению теории, философия тем самым способствует объяснению исследуемых наукой явлений.

Тенденция естественных наук к методологическому единству

Одна из особенностей современного научного знания состоит в том, что взаимодействие отдельных специальных наук приобретает эвристический характер. Теоретическая система данной естественной науки становится методом познания другой или других областей научного исследования. Понятия метода и теории являются взаимоотношительными понятиями. Систематически развитое знание, отнесенное к объекту исследования, выступает как теория, и та же самая теория по отношению к другой специальной теории может стать методом теоретического исследования. Эта особенность научного знания несет в себе возможность своеобразного расширения. Например, в силу неравномерности развития отдельных научных дисциплин та или иная наука может выдвинуться на роль основной науки в системе специального знания, на роль лидера всего комплекса естественнонаучных дисциплин. На основе успехов той или иной науки у исследователя может возникнуть стремление включить в соответствующую теорию возможно большее число явлений, превратить ее в наиболее общий метод решения специальных научных проблем. Можно сказать, что в этом проявляется тенденция научного знания к методологическому единству.

Подобного рода методологическое единство проявилось, например, в истории развития классической механики, успехи которой привели в свое время к убеждению, что существует прин-

ципиальная возможность объяснения всех явлений природы на основе принципов теории механического движения. Можно заметить также, что аналогичная тенденция к единству научного знания характерна и для естествознания XX в. Известно, что успехи современной теоретической физики породили уже в нашем столетии надежду на возможность объяснить всю совокупность химических и биологических явлений на основе новейших принципов физической теории.

Одним из таких принципов явился принцип дополнительности Н. Бора. Развитие современной атомной физики показало, что наука XX в., умножив наши знания об атомах, обнаружила вместе с тем принципиальную ограниченность так называемого механического представления о природе¹. И тем не менее на новом уровне своего развития физика снова претендует на расширение действия своих законов. Именно в дополнительном описании, выходящем за рамки механического понимания природы, классики современной физики увидели основание к тому, чтобы распространить новые физические принципы на биологические процессы. «В этом многообещающем развитии,— писал Н. Бор в 1957 г.,— мы имеем дело с очень важным и по существу почти неограниченным расширением области применения чисто физических и химических идей к биологическим проблемам»².

Надежда на расширение области применения чисто физических идей опиралась на естественную закономерность самой науки, проявляющуюся в стремлении применять методы одной науки в других областях исследования. И такого рода методологическое расширение приносило свои плодотворные результаты. Применение методов физического исследования, например, в биологии было и остается одним из важнейших научных методов. Оно позволило открыть новые принципы поведения и развития живых систем. На основе физических методов были исследованы некоторые важные функции и структура живых организмов. Открыта исключительная роль молекулярных мембранных слоев в жизни клетки. Развивается на этой основе биофизика мембран. Физико-математическое моделирование, где важное значение имеют физические методы, позволило приоткрыть важные аспекты динамики жизненных процессов. Открытие биогенетического кода — одно из замечательных открытий естествознания второй половины XX в.— явилось результатом синтетического применения физики, химии, теории информации к познанию сущности жизни.

Рациональное основание успехов естественнонаучных методов состоит в том, что только та наука о природе может распространять свою теорию на другие области познания, которая

¹ См. Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание, стр. 136.

² Там же, стр. 136—137.

развила свою систему законов на основе применения математики. Математизация науки обеспечивает ей общность формулирования законов, что связано с общностью математических понятий. Математика с помощью своего аппарата отражает разнообразные формы устойчивого, инвариантного в природе и в силу этого оказывается способом выражения наиболее глубоких отношений действительности. Математика обеспечивает не только общность законов, но и систематизацию научной теории. Научная теория, поскольку она становится системой математически выраженных закономерностей, приобретает возможность выходить за рамки той эмпирической области, в которой эти закономерности первоначально были зафиксированы.

Стремление к математизации вообще типично для научного знания. Именно стремление, так как на первоначальных этапах развития науки, которые могут длиться десятилетия и даже столетия, это стремление не всегда реализуется и существует первоначально как тенденция. Напомним в связи с этим важное замечание К. Маркса, который, по свидетельству Лафарга, считал, что наука только тогда достигает совершенства, когда ей удается пользоваться математикой¹.

Процесс математизации науки позволяет лишь вскрыть наиболее фундаментальные законы изучаемых явлений. В исследовании процесса математизации науки различают три основных этапа: описательно-эмпирический, модельный и теоретический². По мере перехода от одного этапа к другому возрастает возможность методологического расширения, возможность применения данной науки ко все более разнообразным областям исследования. Только та научная теория получает некоторые основания претендовать на неограниченное методологическое продолжение, которая достигла теоретического этапа в процессе математизации. Речь идет здесь именно о претензии или тенденции. Другой вопрос — реализуема ли и в какой мере реализуема эта тенденция.

Конечно, любая наука имеет свои специфические методы исследования, и характер этих методов определяется особенностью предмета. Любая наука имеет основания для своих методов, и эти основания определяются ее содержанием. Но содержание специальной науки выражается прежде всего в ее законах, а законы, как отмечал В. И. Ленин, «есть одна из ступеней познания человеком *единства и связи*, взаимозависимости и цельности мирового прогресса»³.

Как бы ни был специфичен закон науки, он представитель общего. И в зависимости от уровня обобщения закон содержит

¹ См. «Воспоминания о Марксе и Энгельсе». М., 1956, стр. 66.

² См. И. А. Акчурина, М. Ф. Веденов, Ю. В. Сачков. Познательная роль математического моделирования. М., 1968, стр. 16—21.

³ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 135.

в себе возможность более или менее широкого его применения. Эта возможность переноса открытых в данной области науки закономерностей на другие области исследования возникает уже на описательно-эмпирическом и модельном этапах математизации. При этом для двух различных областей исследования эти возможности могут оказаться взаимными. Мы уже отметили тот известный факт, что физические методы применимы в биологии, но оказывается, что и некоторые биологические закономерности могут послужить методом исследования неживых систем. Так возникает возможность новых научных направлений типа бионики и других так называемых промежуточных наук. В данном случае обнаруживается возможность новых неожиданных сопоставлений и открытий. Однако, поскольку законы данной науки, служащие орудием научного метода и познания других областей природы, еще находятся на описательно-эмпирическом или модельном уровне математизации, их методологическое расширение имеет естественные границы. Тенденция к методологическому единству всей совокупности научных знаний на основе применения методов одной специальной науки возникает, как мы уже отметили, лишь на третьем, теоретическом этапе ее математизации.

Такого рода тенденция, несомненно, плодотворна, и нет оснований относиться к ней отрицательно. Она естественно возникает на определенном этапе развития науки и воспроизводится как основа ее успехов и неограниченного роста. Но как и любое другое явление, эта тенденция имеет обратную сторону. Если последовательно и неограниченно проводить это методологическое расширение, то возникает прямо противоположное явление, а именно: ограничение сферы научного мышления, включение этой сферы в рамки методов одной специальной науки. Развернутое и систематическое развитие такого одностороннего хода мыслей приводит к особому рода методологии — методологии позитивизма, который, выражаясь словами В. И. Ленина, порождается самим прогрессом науки¹. Научная несостоятельность такого рода методологии, претендующей на всеобщий метод научного познания, выявляется на основе анализа природы научного знания, исследования его структуры, изучения закономерностей его развития. Конечно, само по себе методологическое расширение не приводит автоматически к позитивистским концепциям. Иначе мы наблюдали бы возникновение этих концепций уже в XVII и XVIII вв. Для этого необходимы еще

¹ Рассматривая гносеологические причины, порождающие «физический» идеализм, В. И. Ленин писал: «Реакционные попятывания порождаются самим прогрессом науки. Крупный успех естествознания, приближение к таким однородным и простым элементам материи, законы движения которых допускают математическую обработку, порождает забвение материи математиками» (*В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 326*).

условия, лежащие в особенностях развития собственно философских идей. Такого рода концепции возникают как своеобразный итог этого процесса методологического расширения и свидетельствуют о кризисе механистического метода.

В связи с темой нашей статьи важно подчеркнуть, что бесспорные успехи на пути применения, например, физических методов исследования к явлениям жизни сопровождаются в некоторых случаях такими трудностями, которые ведут к поискам новых методов в решении возникающих проблем. Н. Бор, который, как мы видели, говорил о неограниченном расширении области применения физических идей к биологическим процессам, в той же самой лекции, прочитанной в 1957 г., подчеркнул, что «исчерпывающий, в смысле квантовой физики, отчет о всех непрерывно обменивающихся атомах живого организма не только невозможен, но, очевидно, потребовал бы таких условий наблюдения, которые несовместны с проявлением жизни»¹.

Здесь выявляется своеобразная диалектика, свойственная взаимодействию различных наук в их стремлении к синтетическому рассмотрению объекта исследования. «Методологическая экспансия» физики встречается в данном случае с фактом ограниченного применения известных понятий, с необходимостью синтетически соединить ранее независимые понятия. А такого рода соединения требуют новых идей, новых понятий, ведущих в конечном счете к новым теоретическим концепциям. Речь идет именно о поисках новых идей, новых общих принципов исследования. Возврат в данном случае в какой бы то ни было форме к давно отвергнутым попыткам решать эти проблемы на описательном, чисто качественном уровне, разумеется, полностью исключен. Но где же искать эти новые принципы, новые идеи, необходимые для формирования новой научной теории? В опытных фактах, взятых сами по себе, невозможно почерпнуть новые идеи. Их там нет. Новые факты, неожиданные результаты экспериментов могут служить важнейшим необходимым условием, стимулирующим творческое мышление исследователя. Однако они не содержат достаточных предпосылок для формулирования новых принципов.

Здесь-то и возникает потребность в более широкой сфере человеческого знания, которая включает в себя не только обширную область специальных наук, но и другие элементы сферы познания. Обращаясь к этой сфере, мы не только видим в ней разнообразные теоретические системы, но и различаем особого рода фундаментальные понятия, которые, возникая в рамках какой-либо специальной науки, приобретают тенденцию к обобщению, к выходу за рамки данной специальной теории.

¹ Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание, стр. 137.

Фундаментальные понятия любой специальной научной теории, поскольку они входят в принципы теории и неотделимы от них, принадлежат не только данной теории, но и более общей системе знания. Фундаментальные понятия геометрии, например, принадлежат не только геометрии, но и более общей системе математического и логического знания. Посредством фундаментальных понятий данная научная теория получает свое собственное обоснование и вместе с тем связь с этой общей системой. Совокупность этих понятий образует внутри всей системы научного знания своеобразную концептуальную структуру. «Каждое понятие,— писал В. И. Ленин,— находится в известном **отношении**, в известной связи *со всеми* остальными»¹. Возникновению новой научной теории предшествует критический анализ существующих фундаментальных понятий, каждого в отдельности и в их отношении с другими понятиями. И хотя этот анализ может быть продиктован новыми экспериментальными фактами, тем не менее из фактов, взятых сами по себе, не могут сформироваться новые понятия. «...Опыт всегда незакончен»²,—говорил В. И. Ленин. Указанная возможность возникает в результате критического анализа существующей концептуальной структуры не только данной научной теории. В этот анализ так или иначе вовлекается вся структура научного знания. Только такого рода анализ приводит к новым понятиям.

В современном естествознании в различных его областях находят применение такие, например, понятия, как «вероятность», «симметрия», «структура». Возникнув первоначально как математическое понятие, вероятность получила широкое применение в различных областях науки. Известна плодотворная роль понятия вероятности в классической термодинамике и статистической физике. Вероятностная интерпретация квантовых явлений была связана со значительными успехами в познании внутриатомных процессов. В теории информации это классическое понятие приобрело новое, еще более широкое и многообразное применение. В настоящее время становится особенно ясной связующая, объединяющая роль понятия вероятности, которое позволяет, в частности, формулировать законы тех областей явлений, где имеют место случайные или стохастические процессы. А такого рода процессы имеют место во всех известных областях действительности, включая и социальные явления.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 179.

² Там же, стр. 162.

Понятие симметрии в некотором содержательном смысле противоположно понятию вероятности. Однако наряду с другими общенаучными понятиями оно также служит концептуальному единству научного знания. Дополняя вероятностную картину мира, понятие симметрии отображает в этой картине моменты однозначного, сохраняющегося, устойчивого. Процесс зарождения понятия симметрии ведет нас к истокам научного знания. Это понятие возникло в связи с общей идеей порядка, гармонии и закономерности природы. Первоначально оно понималось как чисто геометрическая, а затем и чисто математическая закономерность, принимая форму то золотого сечения, то правильного расположения частей в целом, то зеркальной симметрии фигур.

Исследование движения тел в пространстве и времени привело постепенно к расширению понятия симметрии. Оно начинает приобретать значение, выходящее далеко за рамки чисто геометрических исследований. Понятие симметрии становится теоретическим средством изучения структуры пространства, а затем и коренных свойств материальных объектов. Фундаментальные законы физических явлений оказываются в тесной связи со свойствами симметрии пространства и времени. Понятие преобразования, согласно которому известные свойства или отношения остаются неизменными при соответствующих движениях, становится способом отображения физических законов. Равномерное движение в однородном пространстве не изменяет законов природы, и этот простой факт выражает симметрию, которая оказывается связанной с известным законом сохранения импульса. Однородность времени как своеобразное свойство его симметрии находится в глубокой связи с законом сохранения энергии. Понятие симметрии приобретает широкий смысл, который можно кратко выразить как целостное единство сохраняющихся и изменяющихся элементов природы и познания. Это понятие можно распространить не только на сами объекты науки, но и на ее законы как элементы структуры теории. Симметрия тем самым становится принципом единства самого научного знания.

Новейшая физика высоких энергий, исследующая фундамент материи, вводит понятие динамических симметрий. Известно, что синтез современных знаний, основанный на применении понятия симметрии в области физики элементарных частиц, привел к предсказанию новых явлений. Открытие нарушения симметрии правого и левого в области слабых взаимодействий элементарных частиц дало основание для введения новых, так называемых комбинированных симметрий. Вообще любое нарушение симметрии так или иначе оказывается связанным с переходом к новому типу симметрии.

Осознание необходимого характера понятия симметрии в структуре специальной научной теории предполагает разработку общего понятия симметрии. Использование понятия симметрии для выявления и формулировки принципов построения системы законов в специальной научной области требует исследования не только общего понятия симметрии, но и специфических его форм. «...Отдельное не существует иначе как в той связи, которая ведет к общему»¹. Исследуя отдельные проявления симметрии, познание восходит к общему, которое существует в отдельном и через отдельное. Это общее может стать и становится предметом самостоятельного теоретического анализа. Результаты такого анализа приобретают методологическое значение, поскольку общее понятие симметрии связывает различные специальные области науки, открывая возможность их взаимного влияния, взаимодействия. А такого рода взаимодействие несет в себе возможность новых идей, новых теоретических достижений.

Научная теория в своем развитии содержит в себе две противоречивые тенденции — стремление к завершенности и логической стройности, с одной стороны, и потребность дальнейшего развития, известного выхода за рамки строгой системы — с другой. Устойчивость и вместе с тем изменчивость теоретической системы составляют в своем единстве одну из важнейших особенностей научного знания. Устойчивость теоретической системы обеспечивается фундаментальностью исходных понятий. Исходные понятия в аксиоматизированной теории включены в систему аксиом, или, иначе, принципов, которые должны удовлетворять требованию полноты и независимости. Независимость принципов, т. е. невозможность вывести любой из них из других принципов, указывает на непротиворечивость (в формальном смысле) теоретической системы.

Существенно подчеркнуть, что сама по себе аксиоматизация той или иной теории не может служить эвристическим средством познания. Здесь важны поиски различных систем и выявление их взаимоотношений. Известный коллектив французских математиков (Н. Бурбаки) отмечает, что логическое упорядочивание, связанное с аксиоматизацией, лишь одна ее сторона, и притом наименее интересная. Там, где на первый взгляд видится одно лишь различие двух или нескольких теорий, «аксиоматический метод учит нас... находить общие идеи, скрывающиеся за деталями, присущими каждой из рассматриваемых теорий, извлекать эти идеи и подвергать их исследованию»². В этой особенности интерпретации аксиоматических теорий можно видеть проявление общего принципа взаимодей-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 318.

² Н. Бурбаки. Очерки по истории математики. М., 1963, стр. 248.

ствия элементов знания. Выявление единства физической теории на пути ее аксиоматизации необходимо. Однако последовательное проведение такой аксиоматизации приводит к выявлению внутренних противоречий, которые в качестве взаимодействия элементов физического знания служат внутренним стимулом развития теории.

Стремление к аксиоматизации тех или иных отраслей науки есть проявление ее математизации, которая, как мы уже отметили, составляет одну из существенных особенностей современного естествознания. Эта особенность, как и все другие, заключается в самой природе науки. Стремление к использованию математики в науках о природе усматривается уже на самых ранних стадиях ее развития. Ньютон, следуя идеалу «Начал» Евклида, строит свои «Математические начала натуральной философии» аксиоматическим методом. Подобное построение теоретической системы в области физических теорий получило название метода принципов. Физика принципов часто противопоставлялась физике гипотез.

С. И. Вавилов показал необоснованность такого противопоставления¹. Метод принципов как разновидность аксиоматического метода в естествознании не исключает, но предполагает метод гипотез. Более того, без гипотетических допущений невозможно построение дедуктивной системы в области естествознания. Дело в том, что существенной проблемой в построении аксиоматической системы в специальной естественнонаучной области является проблема выбора исходных, или, иначе, фундаментальных, понятий. В этом выборе самым существенным оказываются именно гипотетические построения. При этом обоснование гипотетических построений не может осуществляться в рамках данной системы. Оно необходимо содержит в себе философские аргументы. В отличие от аксиоматизации в области математики метод принципов в естествознании предполагает не произвольность выбора исходных понятий на основе, скажем, критерия самоочевидности, но обоснование этих понятий на основе предшествующего развития естествознания и философии.

В. И. Ленин подчеркивал, что знания о конкретных свойствах материи могут изменяться и устаревать, но не может устареть классическая философская проблема соотношения материи и мысли. Каждый новый шаг в развитии естествознания придает новую форму этой философской проблеме и обогащает нас новыми аргументами, но сама проблема и ее принципиально верное решение остаются материалистическими. Рассматривая вопрос о пространстве и времени, В. И. Ленин отмечает, например, «различие между относительностью наших

¹ См. С. И. Вавилов. Собр. соч., т. III, стр. 383.

понятий о времени и пространстве — и *абсолютным* в пределах гносеологии противоположеннем материалистической и идеалистической линии в данном вопросе...»¹. Можно сказать, что философия по смыслу своих проблем исследует вечные и непреходящие проблемы, обогащая их решение достижениями специальных наук в каждую данную историческую эпоху. В силу этого обоснование исходных принципов естественнонаучной теории может стать убедительным, а построенная на такого рода принципах теоретическая система не замыкается сама на себя, не является произвольным построением, но приносит объективное знание. Исходные принципы дедуктивной системы в естествознании не произвольны. Они всегда так или иначе опираются на многовековой опыт человеческого познания, обобщенный в философских воззрениях эпохи, и на непосредственное обобщение новых фактов.

Поиски и формулировка основных принципов научной теории невозможны без глубокого анализа исходных понятий. Этот трудный и ответственный этап в развитии науки, этап формирования новых понятий, контролируется весьма общими принципами познания. Эти принципы и есть законы диалектического мышления, которые обогащаются и совершенствуются с развитием естествознания. Фундаментальные понятия содержат в себе глубокие противоречия, поскольку они лежат на границе данной или создаваемой теоретической системы. При формулировке исходных принципов важно найти элементарное понятие, так сказать исходную клеточку формирующейся теории. Такое исходное понятие служит основой индуктивного восхождения к принципам. Однако никакая индукция не может дать общих принципов, если мы не обратимся к содержательному рассмотрению и не увидим, что множество элементарных объектов рано или поздно приводит к новому качеству. Рассматривая, наконец, формирование фундаментальных понятий теории, мы видим, как первоначально неопределенные идеи становятся в ходе развития строго определенными понятиями, снимающими эту неопределенность. Однако последующий анализ заставляет обращаться к первоначальным идеям и находит там на новой основе содержательное подтверждение и развитие ограниченных в своем формализме понятий.

Методологическая функция философии, осуществляющая единство научного знания, проявляется в различных формах, и прежде всего в анализе фундаментальных понятий науки, без которых невозможно построение теоретической системы любой специальной науки. Искусство оперировать понятиями, как подчеркивали классики марксизма-ленинизма, дает прежде всего изучение философии.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 193.

Раздел II

**ФИЛОСОФСКИЕ
И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**

ЛЕНИН И ДИАЛЕКТИКА В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ

О диалектике в естествознании

В истории науки — прежде всего философии и естествознания — К. Маркс и Ф. Энгельс были первыми мыслителями, которые соединили сознательную диалектику с материалистическим пониманием природы. Иначе и быть не могло: марксизм — это великое революционное учение рабочего класса и трудящихся всего мира — вырос в эпоху выдающихся достижений естествознания второй половины XIX в.; Маркс и Энгельс глубоко исследовали с точки зрения своего учения существенные проблемы наук о природе и дали ответы на философские вопросы естествознания того времени.

Традиции К. Маркса и Ф. Энгельса продолжил В. И. Ленин. В своей знаменитой книге «Материализм и эмпириокритицизм» (1909) он обобщил с позиции диалектического материализма эпохальные открытия физики конца XIX — начала XX в. и раскрыл философскую сущность новейшей революции в есте-

ствознании. С полным правом теперь мы говорим о внутреннем единстве диалектического материализма и естествознания нашего столетия; такое единство — знаменательный факт культуры XX в., в осуществление которого полувековое развитие Советской страны и победа социализма в других странах внесли решающий вклад.

Гений Ленина блистал огромным множеством граней. Развивая марксизм и его философию в исторический период, отличающийся от того времени, когда Маркс и Энгельс создали свое учение, Ленин обогатил также философские основания естествознания новыми важными положениями и выводами, значение которых для развития науки не сравнимо ни с одной философской системой.

О революции в естествознании XX в. Ленин высказывался не только в книге «Материализм и эмпириокритицизм». Философские обобщения этой революции и философские проблемы, выдвигаемые новой физикой, привлекали пристальное внимание В. И. Ленина¹. Особенно существенны в этом отношении «Философские тетради» (1914—1916). Основная тема этого замечательного труда — теория материалистической диалектики — неразрывно связана с философскими обобщениями и выводами из современного естествознания, и Ленин не один раз останавливается на этом.

Последние строки о философских вопросах естествознания нашего века Ленин написал в статье «О значении воинствующего материализма» (1922), в которой среди задач, поставленных перед философами-марксистами, особо важное место отведено задаче союза с представителями современного естествознания на основе диалектического материализма. С тех пор прошли многие годы, насыщенные колоссальными социальными, техническими и научными переворотами; естествознание в целом и физика в особенности необычайно изменились и продвинулись вперед. Но мысли Ленина о диалектическом материализме как единственно верной философии и верном методе современного естествознания, о философских выводах из новой физики, о философских основах и перспективах ее развития, о сущности и значении «физического» идеализма не потеряли и в настоящее время своего огромного теоретического значения. Они лежат в фундаменте всей работы в области марксистских исследований философских проблем физики и естествознания в целом и стимулируют эти исследования.

¹ См., например, записи и заметки В. И. Ленина о прочитанных им книгах по естествознанию (Полн. собр. соч., т. 29, стр. 318—358, 475—525), статью «Памяти Герцена» (Полн. собр. соч., т. 21), замечание о значении открытия радия и электрона в письме Ленина М. Горькому (1913) (Полн. собр. соч., т. 48, стр. 161), статью «Три источника и три составных части марксизма» (Полн. собр. соч., т. 23).

Что такое современная, или, как говорят, неклассическая, физика по самой своей сути? Это релятивистская и квантовая физика вместе с вырастающей из них физикой элементарных частиц. Неклассическая физика своими открытиями и теориями сломала казавшиеся с момента их появления незыблемыми основные понятия и принципы классической физики. Они подверглись революционному преобразованию и превратились в предельные случаи новых, более глубоких и общих понятий и положений теории относительности и квантовой теории, далеких от привычной наглядности классических представлений. Тем самым неклассические теории привели в физике к новым методологическим подходам и новому стилю мышления естествоиспытателей.

Для современной физики характерно — и это внутренне связано с присущими ей методологическими подходами, — что в ней своеобразно и совершенно неожиданно с точки зрения установленных воззрений вновь выдвинулись проблемы реальности и материи, времени и пространства, абсолютного и относительного, причинной связи и закономерности, которые казались разрешенными традиционной философией. Логические формальные системы не могли (и не могут) справиться с задачами, которые ставило (и ставит) перед логикой развитие неклассической физики.

Сейчас марксистам хорошо известно — это доказано развитием неклассической физики, — что такого рода вопросы могут быть решены и действительно решаются диалектическим материализмом. Но глубочайшее основание этой истины впервые найдено В. И. Лениным. Именно он высказал и доказал ныне широко известное положение: «Современная физика лежит в родах. Она рождает диалектический материализм».

Не укладывающиеся в схемы и теории классической физики явления и факты вроде электрона и радиоактивности (с открытия которых берет начало неклассическая физика), парадоксальные, сменяющие друг друга в условиях стремительного развития современного естествознания ситуации наподобие той, которая возникла после опыта Майкельсона, или, скажем, после появления квантовой гипотезы Планка, неизбежно приводили к неклассическим идеям и теориям в физике, а вместе с ними к немислимым в классическом естествознании воззрениям и подходам философского и методологического плана.

Не бессмысленно ли сочетание прерывных частиц и непрерывных волн, как об этом трактует квантовая механика? Как понять превращение частиц вещества в свет, а света в вещество, о чем говорится в квантовой электродинамике? Что означает слияние времени и пространства в нечто единое в теории относительности? Как осмыслить взаимопревращаемость элементарных частиц (находящихся в основании всей известной

материи), которая имеется в виду в теории элементарных частиц?

Насколько кратки эти положения, настолько необозримо их содержание. Природа оказалась совсем не подобной тому миру, который представлялся классической физике, выросшей на почве обыденного опыта, относящегося к макроскопическим явлениям. Современная физика преодолевает те односторонности и огрубления познания, которые ему свойственны на уровне обыденного опыта. Неклассическая физика обобщает опыт, относящийся к тончайшим электромагнитным явлениям, атомному и субатомному мирам, грандиозным явлениям масштаба звездных систем и галактик, которые глубоко отличны от макроскопического мира, хотя связаны с последним многими переходами. Именно поэтому неклассическая физика породила «диковинные» (Ленин) теории и «сумасшедшие» (Н. Бор) идеи, которые отражают объективную природу глубже, полнее, вернее теорий классической физики. Возникла задача отражения всеобщей, универсальной закономерности природы в таких понятиях, которые должны быть, по словам Ленина, «гибки, подвижны, релятивны, взаимосвязаны, едины в противоположностях, дабы обнять мир»¹. Решение этой задачи было по плечу только диалектическому материализму.

Научные идеи диалектического характера в современную эпоху развития физики возникают и утверждаются внутри нее самой, способствуя ее прогрессу. Для теорий физики нашего века примечательна идея изменчивости и взаимопревращаемости всех материальных реальностей, включая и элементарные частицы. Признание нераздельности противоположных корпускулярных и волновых представлений о материи — необходимый элемент квантовой физики. Без допущения идеи внутренне необходимой связи пространственных и временных понятий не существовала бы теория относительности. Сама неклассическая физика развивается таким образом, что в ней различные и противоположные понятия, положения, теории соединяются в новые синтетические образования, включающие в свое содержание научные результаты соединяющихся теоретических структур. Эти и подобные особенности современной физики и означают по существу, что она идет и приходит к диалектическому материализму, что сознательное применение в физике диалектики является непосредственной необходимостью.

Нельзя не отметить того обстоятельства, что о диалектике (и ее принципах) высказываются, не употребляя этого термина (бывают, правда, исключения), сами ученые, заложившие фундамент неклассической физики. Известно, например, что

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 131.

Бор в дискуссии с Эйнштейном о проблемах теории познания в атомной физике говорил о «глубоких истинах», представляющих такие утверждения, что «противоположные им тоже содержат глубокую истину»¹. В литературе часто пишут о том, что Эйнштейн отклонял взгляды Бора на квантовую механику, но о том, что Эйнштейн подчеркивал основное значение для физики объединения корпускулярных и волновых идей,— а последнее как раз и существенно для квантовой теории — написано меньше.

Если адресоваться, скажем, к выдающемуся пемецкому физику М. Борну, то он считал правильной ту интерпретацию квантовой механики, которая, как он утверждал, пыталась «примирить оба аспекта явлений — волны и частицы». По мнению Борна, более широкое применение понятия частицы в квантовой механике обязано удовлетворять двум условиям: во-первых, понятие частицы, принятое в классической теории, должно являться предельным случаем нового понятия и, во-вторых, это последнее должно сохранять некоторые существенные (однако не все) черты классического понятия².

Но философски-бессознательную диалектику, как и вообще стихийный естественноисторический материализм — об этом не один раз можно прочесть у Ленина³, — нельзя считать достаточной для решения философских проблем науки. Их уязвимые пункты, например неумение раскрыть диалектическое противоречие или разъяснить соотношение относительной и абсолютной истины, улавливают представители реакционной философии в целях борьбы против материализма. Только сознательное применение материалистической диалектики делает ученого действительно свободным от тех или других односторонностей, от предвзятых взглядов при анализе философских вопросов естествознания, открывая правильную перспективу поискам их решения.

Более конкретно истинность всего этого выявится в дальнейшем изложении, а здесь в связи с разбираемым вопросом приведем некоторые замечания советского ученого П. Л. Капицы. Понимание явления исходя из него самого; определяющая роль эксперимента в исследовании явлений; требование единства теории и эксперимента для гармонического развития науки; отрицательное отношение к любым догмам в науке и необходимость в ней (опирающихся на эксперимент) новых идей; признание неисчерпаемости материи — таковы положения, которым, по мнению П. Л. Капицы, должен следовать физик в своих методах изучения природы⁴. В этих положениях

¹ Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание, стр. 93.

² См. М. Борн. Физика в жизни моего поколения, стр. 259—260.

³ См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 296—297.

⁴ См. П. Л. Капица. Жизнь для науки. М., 1965.

ясно и вышукло выражен материалистический и диалектический дух современной физики.

Как было отмечено, новая физика поставила очень своеобразно и совершенно неожиданно с точки зрения традиционных представлений, казалось, уже решенные вопросы, относящиеся к философии и логике естествознания. Мы ограничимся анализом проблемы объективной реальности в современной физике и тесно связанной с ней идеи диалектического противоречия, вокруг которых развернулась особенно острая борьба между диалектическим материализмом и другими философскими течениями.

Проблема объективной реальности

Названная проблема привлекала постоянное внимание Планка, Эйнштейна, Бора и других, по выражению Ленина, великих преобразователей естествознания. Ей посвятил, в частности, одну из своих последних работ М. Борн — «Символ и действительность» (работа, довольно характерная для философской позиции современных естествоиспытателей Запада)¹. Проблема объективной реальности в ее различных аспектах исследовалась также физиками, которые сознательно придерживаются линии диалектического материализма².

Напомним некоторые определения и попытаемся сформулировать саму проблему. «Объективно реальное», или «объективное», или «объективно существующее» — это «существующее независимо от человеческого сознания и (при определенных условиях) отражаемое им». В противоположность объективному «субъективное» — это «существующее в сознании». Понятие объективного — речь идет о позиции материалистической философии — равнозначно в аспекте теории познания понятию материи. В. И. Ленин писал, что «понятие материи... не означает гносеологически *ничего иного*, кроме как: объективная реальность, существующая независимо от человеческого созна-

¹ М. Борн. Symbol und Wirklichkeit.— «Physikalische Blätter», 1964, Н. 12; 1965, Н. 2, 3.

² См. А. Д. Александров. О смысле волновой функции.— «Доклады АН СССР», 1952, т. LXXXV, № 2; Д. И. Блохинцев. Основы квантовой механики. М.—Л., 1949; *его же*. Критика идеалистического понимания квантовой механики.— «Успехи физических наук», 1951, т. XLV, вып. 2; С. И. Вавилов. Развитие идеи вещества.— Собр. соч., т. III; см. также другие его работы по философским вопросам естествознания; В. А. Фок. Об интерпретации квантовой механики.— «Философские вопросы современной физики». М., 1959; *его же*. Квантовая физика и строение материи.— «Структура и формы материи». М., 1967; «Философские проблемы современного естествознания. Труды Всесоюзного совещания по философским вопросам естествознания». М., 1959.

ния и отображаемая им»¹. Соответственно такому (материалистическому) пониманию объективного и субъективного познание — это процесс отражения в сознании человека объективно реального мира. Человек, создавая понятия, теории, картину мира, через них приблизительно, относительно охватывает универсальную закономерность вечно движущейся и развивающейся материи.

В физике — еще в классический период ее развития — возник философский вопрос: действительно ли ее (выраженные математическими формулами) утверждения имеют объективное значение; откуда явствует, что физические утверждения не являются субъективными конструкциями; как достигается объективное знание? Это и есть проблема объективной реальности в физике в ее наиболее общей форме.

В классическом естествознании решение этой проблемы казалось довольно простым, хотя и здесь были свои трудности. Большинство ученых XVIII—XIX вв. — как и нашего времени — не ломали себе голову над «философскими тонкостями». Для них признание объективной реальности внешнего мира, отражаемой человеческим сознанием, представлялось само собой разумеющимся. Наблюдаемые явления объяснялись на основе механической макроскопической модели. Движения макроскопических (в том числе известных тогда небесных) тел относительно просты, а их наблюдения не нуждаются в специализированной, по-особому сложной аппаратуре. Понятия, выражающие измеряемые свойства таких движений (скорость, ускорение, сила и т. д.), по степени своей абстрактности не так уж отдалены от представлений, выработанных в обыденном опыте.

Впрочем, классическая теория не могла оставить в стороне проблему объективной реальности. Откуда я знаю, что «зеленое», которое я вижу, то же «зеленое», которое видите вы, видит он, видит любой наблюдатель? Это пример из обыденной жизни, но классическая физика выросла непосредственно из обыденного опыта, и мы начнем анализ с этого примера.

Поставленный вопрос — это, собственно, вопрос о том, соответствует ли ощущение «зеленое» чему-то объективному. В практической деятельности человека он решается положительно: достаточно представить себе водителя автомобиля дальтоником, как ответ напрашивается сам собой. Более того, то обстоятельство, что мы знаем о дальтонизме и в какой-то мере можем избегать его нежелательных качеств, только подтверждает то, что ощущение «зеленое» отвечает объективно реальному.

¹ В. И. Ленин, Полн. собр. соч., т. 18, стр. 276.

От анализа такого рода случаев — в аспекте проблемы реальности — по существу не отличается анализ измерительной процедуры и вообще эксперимента, непосредственной задачей которых является фиксирование макроскопических параметров. Из измерений и экспериментов на основе изучения и размышления (когда познавательная мощь силы абстракции становится все большей и большей) вырастают все физические теории — и классические и неклассические. Если сказанное обобщить, учитывая данные из самых различных областей науки и практики, то мы придем к известным посылкам материализма (они сформулированы В. И. Лениным с классической ясностью): единственный источник наших знаний — ощущения; объективная реальность является источником человеческих ощущений, или, что фактически то же самое, внешний познаваемый мир существует независимо от сознания человека¹.

С этим фундаментальным положением материалистической теории познания не соглашается Борн в упомянутой выше работе. Он не возражает против этого положения по существу; наоборот, он подвергает критическому разбору идеализм и априоризм, особенно воззрения Канта, махистов и логических позитивистов. Но он не считает утверждение Ленина доказанным и хочет обосновать свою позицию, опираясь, как ему представляется, на современную физику (работа Борна имеет характерный подзаголовок — «Попытка философствования естественнонаучным образом, но не философия естествознания»). Прав ли Борн?

По Борну, невозможность разрешить вопрос, есть ли «зеленое», которое я вижу, то же самое «зеленое», которое видит он, зиждется на том, что «пытаются объясняться относительно единственного чувственного впечатления». В самом деле такое «объяснение» невозможно, и Борн находит выход в следующем. «Уже при двух впечатлениях того же самого органа чувств, например двух цветов, — пишет он, — дается сообщаемое... объективно проверяемое высказывание, которое покоится на сравнении, прежде всего на суждении о тождестве или нетождестве (лучше сказать, неразличаемости или различаемости...). Я не могу другому сказать, что я чувствую, когда нечто называю зеленым, но я могу — и он также может — установить, что когда мне зеленое двух листьев кажется тождественным, то оно кажется тождественным также другому»².

По существу здесь Борн проводит идею о том, что объективное знание — это не столько нечто такое, чему отвечает объективно реальное, сколько общезначимое. После критики Лениным взглядов Богданова, который определял объективное

¹ См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 48, стр. 127—128.

² M. Born. Symbol und Wirklichkeit.— «Physikalische Blätter», 1965, Н. 2, S. 59.

как общезначимое, нет надобности разбирать неправильную идею Борна. С другой стороны, пример с «зеленым» нужен Борну для того, чтобы обратить внимание на идею инвариантности, применение которой, по его мнению, позволяет решить проблему, как от субъективности совершается переход к объективному знанию (свои соображения на этот счет Борн более подробно разработал в других своих произведениях)¹. В этой плоскости идея инвариантности представляет большой интерес, но, прежде чем ею заняться, рассмотрим, действительно ли приведенное выше утверждение Ленина об основной посылке теории познания материализма не является, как полагает Борн, доказанным.

Пытаясь решить вопрос, как от субъективности совершается переход к объективному знанию, Борн за ним не увидел другого вопроса об источнике субъективности, вопроса о том, что объективная реальность является источником человеческих ощущений (и, следовательно, субъективности). У Борна можно прочесть: «С нашей точки зрения, которая рассматривает субъективность как первичное и возможность объективных высказываний как проблему...»² Эта мысль Борна только тогда не расходится с естествознанием, если она не отрывается от мысли о том, что сама «субъективность» порождается объективной реальностью, но в явной форме этой последней мысли у Борна мы не находим. Короче, Борн в своих рассуждениях обошел основной вопрос философии (точнее, его первую сторону) — об отношении сознания к материи и решение его материализмом. В работе Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» в параграфе 1 главы III, который озаглавлен «Что такое материя? Что такое опыт?», содержатся доказательства в плане теории познания и логики того, почему необходимо принять основные положения материализма.

Проблема объективной реальности приобретала в физической науке все более и более запутанный характер по мере того, как физика от воспринимаемых в обыденном опыте макроскопических объектов уходила все дальше в сферы явлений, для познания которых требовались помимо тончайшей специализированной экспериментальной аппаратуры неклассические теории с их неведомыми классической физике абстракциями.

Еще когда о новой физике никто не подозревал, Ф. Энгельс заметил, что «атом и молекулу и т. д. нельзя наблюдать в микроскоп, а только посредством мышления»³. Глубокая проникаемость Энгельса обнаружилась в полной мере тогда, ко-

¹ См., например, его статью «Физическая реальность» в кн.: *М. Борн. Физика в жизни моего поколения.*

² *M. Born. Symbol und Wirklichkeit.*— «*Physikalische Blätter*», 1965, Н. 2, S. 59.

³ *К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч.*, т. 20, стр. 519—520.

гда физика стала, так сказать, спускаться к фундаменту материи. В физических теориях невозможно обходиться без абстракций и принципов математики. В физической статистике Больцмана — Гиббса, в исследованиях Эйнштейна по молекулярной структуре материи эвристическая роль математики обнаружилась достаточно определенно: работы этих ученых привели к опытам Перренна, и молекулярно-атомная структура наблюдаемых тел была доказана. Как же обстоит здесь дело с проблемой объективной реальности?

В классической физике — а к ней относятся названные исследования Больцмана и Эйнштейна — для объяснения наблюдаемого в приборах достаточно было данные наблюдений логически связать цепочкой соответствующих рассуждений (если требовалось, то при этом добавлялись те или другие допущения) с системой основных понятий и аксиом классической механики. В плоскости проблемы объективной реальности это означало, что переход от наблюдаемого в приборах к знанию об исследуемых объектах сводится к построению некоторой механической макроскопической модели. Как известно, классическая физическая статистика действительно опирается на основные представления классической корпускулярной механики.

В новой физике проблема объективной реальности приняла форму, непохожую на ту, в которой она фигурировала в классической физике. С конца XIX в. в физике начали возникать парадоксальные ситуации — о чем упоминалось выше, — когда данные наблюдений не могли быть уложены в существовавшие в то время теоретические схемы и представления. Собственно, только теперь проблема объективной реальности приняла именно такую форму, в какой она выступает в новой физике.

Конечно, можно попытаться охватить парадоксальные ситуации, изменяя так или иначе схемы классических объяснений. Такие попытки продолжаются и поныне; примером могут служить интерпретации теории относительности Л. Яноши или интерпретации квантовой механики, скажем, Шредингера или Бома. Рассуждая абстрактно, ничего логически предосудительного в такого рода попытках нет. Однако проблема истинности соответствующих интерпретаций решается в соответствии с плодотворностью полученных результатов, и здесь развитие физической науки сказало свое решающее слово: теория относительности и квантовая механика развились как неклассические теории, т. е. теории с неизвестным классической физике математическим аппаратом и совершенно другими (по сравнению с классическими) основными понятиями и принципами.

Проблема объективной реальности в физике, как полагали одно время многие, снималась позитивизмом, который — без-

различно, идет ли речь о Махе или логических позитивистах — объявил существующим только мир ощущений без объективной реальности. С этой точки зрения у современного американского философа Г. Маргенау, например, природа перестает существовать независимо от опыта и оказывается состоящей из чувственных данных и понятийных «конструктов» (вещи обычной жизни, атомы, электроны и т. п.), поскольку последние образуются в опыте. Реальность, по Маргенау, есть то, что действует либо на другие объекты, либо на психику человека, и вне этого действия не есть реальность. «Бог, — утверждает Маргенау, — согласно этой версии, реален для тех, кто в него верит»¹. В данном случае, несомненно, прав Борн, который, возражая позитивистам, сказал: «Кто думает, что единственно важная реальность — область идей, духовное, тот не должен заниматься естествознанием»².

Развитие современной физики совершается через переходы одних теорий в другие, более общие (и глубокие), качественно отличающиеся от первых. С такого рода обобщением теории необходимо связано исчезновение определенных понятий (фигурирующих в исходной теории) и образование новых понятий (без которых новая теория не есть теория). Исчезновение старых и возникновение новых понятий — единый процесс, в котором старые понятия (в исходной теории они являются своего рода абсолютными понятиями, или инвариантами) подвергаются своеобразной релятивизации, становятся аспектами новых абсолютных понятий, или инвариантов, в более общей теории. Например, в теории относительности исчезли понятия абсолютной длины и абсолютной продолжительности, принятые в классической механике, и утвердились релятивистские понятия длины и продолжительности, которые являются аспектами одного из важнейших инвариантов теории относительности — интервала, представляющего особого рода «соединение» длины и продолжительности. В квантовой механике теряется абсолютный характер корпускулярных и волновых понятий, присущий им в классической теории; эти понятия становятся относительными, являясь аспектами более широкого (нежели классическое) понятия частицы с определенными инвариантными характеристиками.

Два этих примера позволяют высказать несколько соображений философского характера об идее инвариантности. Прежде всего нельзя согласиться с Борном, который приписывает реальность только инвариантам и, так сказать, отказывает в реальности аспектам инвариантов. Основание признания

¹ *H. Margenau. The Nature of Physical Reality.* — «Philosophy of Modern Physics». New York — Toronto — London, 1950, p. 9.

² *M. Born. Physik und Metaphysik.* — «Naturwissenschaftliche Rundschau», 1955, II 8, S. 301.

объективного значения физических понятий, утверждений и т. п. заключается не в идее инвариантности. Достаточно напомнить, что релятивистские понятия длины и продолжительности соответствуют объективной реальности (это подтверждено ныне прямыми экспериментами), а ведь они, как известно, совсем не являются инвариантами теории относительности. Другими словами, не только инварианты, но также их аспекты суть образы объективной реальности.

Вместе с тем в вопросе о переходе от субъективности к объективному знанию идее инвариантности нельзя отказать в важном значении. Необходимо, например, признать, что понятия классической механики — и вся она в целом — по существу являются приближенными (хотя в рамках своей применимости эти понятия являются абсолютными). Что дело обстоит именно таким образом, конкретно доказали с разных сторон теория относительности и квантовая механика, определив пределы применимости понятий классической механики и ее самой. Так соотношение неопределенностей в квантовой механике установило пределы применимости классического (в определенном смысле абсолютного) понятия частицы. В данном случае при установлении предела применимости классического понятия частицы было принято во внимание, что, скажем, электроны кроме корпускулярных обладают одновременно волновыми свойствами. Говоря более определенно, нахождение предела применимости классического понятия частицы означало более глубокое познание частиц материи, нежели это было возможно на основе классической механики. Естественно, что за этими пределами классическое понятие частицы не «работает», т. е. не имеет объективного значения и представляет субъективную конструкцию.

Вообще, имея в виду ряд современных физических теорий увеличивающейся степени общности: классическая механика — квантовая механика — квантовая электродинамика — квантовая теория полей (теория элементарных частиц), можно утверждать, что релятивизация старых абсолютных (инвариантных) понятий и введение новых абсолютных (инвариантных) понятий в процессе обобщения теории означает прогрессивное движение от субъективности к объективному знанию, означает все углубляющееся познание объективной реальности, в котором исчезают односторонности (и сопряженные с ними субъективные конструкции) отдельных физических теорий, а сами теории, сохраняя свое соответствующее объективной реальности содержание, обретают более высокую целостность.

Думается, в этом заключается философская роль идеи инвариантности при рассмотрении проблемы объективной реальности в неклассических физических теориях. В современной физике находит свое яркое выражение вскрытая В. И. Лени-

ным диалектика взаимоотношения материи и сознания, его мысли о соотношении объективного и субъективного. Материя и сознание, объективное и субъективное противостоят друг другу только в пределах основного вопроса философии, т. е. вопроса об отношении сознания и материи, ибо вне и независимо от материи сознания не существует и не может существовать. «За этими пределами,— говорит Ленин,— оперировать с противоположностью материи и духа, физического и психического, как с абсолютной противоположностью, было бы громадной ошибкой»¹. Что дело обстоит именно так, а не иначе, и в современной физике, подтверждается применением в ней идеи инвариантности.

Идея диалектического противоречия в квантовой теории

Экспериментальные данные о корпускулярных, а также волновых свойствах микрообъектов (треки частиц в камере Вильсона и диффракция частиц, например электронов или молекул) несомненны и не отрицаются ни одним физиком. Но как осмыслить эти данные — корпускулярно-волновой дуализм — в теории? Указанная задача тем более нетривиальна, что в классической физике корпускулярные и волновые теоретические конструкции рассматриваются как исключаяющие друг друга. В философском плане прежде всего возникает вопрос об онтологическом статусе «волн» и «частиц»: экспериментальным данным о микрообъектах, которые мы обозначаем словами, относящимися к «волнам» и «частицам», отвечает ли объективно реальное? Прав ли, скажем, американский «философ науки» Ф. Франк, считающий, что электрон только совокупность физических величин, вводимых нами для установления принципов, из которых мы можем логически заключить о показаниях стрелки измерительного прибора².

Можно говорить об определенной аналогии между апориями Зенона, относящимися к движению, и корпускулярно-волновым дуализмом. В первом случае речь идет не столько о чувственной достоверности движения, сколько о том, как движение выразить в логике понятий. Во втором случае тоже имеется в виду необходимость понимания эмпирической достоверности корпускулярных и волновых свойств микрообъектов, так как одной этой достоверностью нельзя удовлетвориться. Соответствующие проблемы и в первом и во втором случае решает диалектика, но эти случаи отличаются в отношении

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 259.

² Ph. Frank. Foundation of Physics.— «International Encyclopedia of Unified Science», 1, N 7. Chicago, 1946, p. 54.

характера возникающих диалектических единств. В случае движения (механического перемещения) последнее непосредственно не вызывает идеи противоречивости, и по сей день приходится удивляться виртуозности диалектического ума Зенона (эта виртуозность далеко не доходит до многих современных ученых)¹, с которой он, так сказать, «раздваивал единое». В случае корпускулярно-волнового дуализма, наоборот, «раздвоение» обычно, а вызывают удивление эмпирический факт диффракции электронов или визуальные опыты со светом при слабых интенсивностях, означающие, что корпускулярный и волновой аспекты *сливаются воедино*.

Как соединить вместе противоречащие друг другу корпускулярный и волновой аспекты? Возможен не один подход к решению этой проблемы.

В свое время предпринимались попытки рассматривать волновое явление как явление в среде, образованное частицами. Примером может служить теория Дж. Дж. Томсона, согласно которой электрон ведет себя так, как если бы он проходил через атмосферу, насыщенную электрическими зарядами². Такая теория, в которой только частице приписывается фундаментальное значение, а волны представляются чем-то производным, воскресает в современной физике в той или другой форме.

Когда создавалась квантовая механика, Шредингер пытался истолковать корпускулы как «волновые пакеты». Это истолкование не согласовывалось с фактами («волновые пакеты», как можно показать, должны «расплываться» с течением времени, чего не происходит с микрочастицами) и, кроме того, наталкивалось на непреодолимую трудность при объяснении взаимодействия между двумя «волновыми пакетами» в физическом трехмерном пространстве.

В последнее время предлагаются теории (Д. Бом и другие авторы), в которых корпускулы и волны рассматриваются как одинаково фундаментальные аспекты материи. В них подчеркивается прежде всего идея совместного существования корпускулярных и волновых свойств движущихся объектов в некоторой классического типа модели. В этой модели сохраняется классическое понятие траектории движения и по существу устраняется симметрия между частицами и волнами, присущая квантовой теории.

Для этих и подобных истолкований характерно применение тех или других классических понятий и схем к явлениям

¹ См. С. А. Яновская. Преодолены ли в современной науке трудности, известные под названием «анорнии Зенона»? — «Проблемы логики». М., 1963.

² См. Дж. Дж. Томсон. За пределами электрона. — «Успехи физических наук», 1928, т. VIII, вып. 5.

атомного масштаба. Тем самым в соответствующих концепциях классические понятия и схемы толкуются как неизменные и абсолютные. В методологическом плане эта черта указанных концепций является основным источником их слабости: в лучшем случае они «объясняют» задним числом результаты, уже полученные на основе концепции Бора, покоящейся на неклассических принципах. Обратимся теперь к точке зрения на проблему объединения корпускулярного и волнового аспектов, которая в принципе отличается от отмеченных выше.

Бор назвал «иррациональностью» способ объединения корпускулярного и волнового аспектов, основанный на идее перенесения понятия волны из классической оптики в корпускулярную механику. Хотя и по настоящее время продолжают нападки на боровскую концепцию объединения корпускулярной и волновой точек зрения и на применение Бором в данном случае термина «иррациональность»¹, все же с Бором по существу дела нельзя не согласиться. Объединение корпускулярного и волнового аспектов в квантовой механике очень напоминает введение иррациональных и мнимых чисел в математике или понятия интервала в теории относительности. На основе любой логической формальной системы не удастся далеко пойти в разборе относящихся к такому объединению вопросов. На сцену выступает диалектическая логика, которая может показаться и действительно представляется рассудочному мышлению иррациональной, хотя на деле в логическом плане она безупречна.

Каждый из отмеченных выше («рациональных») подходов к решению проблемы соединения корпускулярного и волнового аспектов односторонне выпячивает частичку той линии познания, которая отражает положение вещей как оно есть. Материалистическая диалектика, напротив, исключает одностороннее познание; она дает все необходимое и достаточное для выяснения задачи: имеют ли объективное значение взаимоисключающие — корпускулярная и волновая — картины поведения микрообъектов.

Материя, т. е. вещество и поле, не есть в целом ни частицы, ни волны в смысле классических теорий, ни объединение этих последних в некоторой макроскопической (классической) модели. Корпускулярные и волновые свойства в своей противоположности едины. Иными словами, материя обладает одновременно свойствами частиц и волн. Движение микрообъектов лишь приближенно можно рассматривать как перемещение частиц и распространение волн. Если принять во внимание предельные случаи, то в одних экспериментальных условиях микрообъекты ведут себя подобно волнам, а в других —

¹ См. М. Бунге. Причинность. М., 1962, стр. 427.

подобно частицам. Так называемая относительность к средствам наблюдения (последние реализуют условия, в которых проявляются взаимоисключающие свойства микрообъектов) составляет характерную черту описания в квантовой теории, вытекающую из признания двуединой корпускулярно-волновой природы микрообъектов.

Эти идеи в наиболее отчетливой и систематической форме были разработаны учеными — сознательными сторонниками диалектического материализма¹. Влияния идеалистических и метафизических воззрений на квантовую теорию сказались в первую очередь в определенном толковании проблемы объединения корпускулярной и волновой картин поведения микрообъектов: в отрицании объективно реального характера единства корпускулярных и волновых свойств материи на ее атомном уровне и в субъективизации относительности к средствам наблюдения. В идее принципиально неконтролируемого взаимодействия микрообъекта и средств наблюдения эта трактовка выражается во всей рельефности.

«Принципиальная неконтролируемость» в собственном смысле слова не выражает никакой истины, ибо процессы и явления в природе в принципе познаваемы и, следовательно, в принципе контролируемы. Но у физиков, применявших этот термин, он зачастую не имел определенного значения и являлся своеобразным обозначением того обстоятельства, что квантовые законы качественно отличаются от законов классической механики. Однако противники материализма использовали этот философски ошибочный термин в субъективистском духе.

В последнее время понятие «принципиальная неконтролируемость» исчезает в научной литературе, особенно у тех физиков, которые возражают против установок позитивизма в естествознании (речь здесь идет не только о тех ученых, которые являются сознательными сторонниками диалектического материализма). Так, Бор в своих поздних работах по философским проблемам атомной физики не применял понятие «принципиальная неконтролируемость», подчеркивая, что описание атомных явлений имеет объективный характер. Термин «дополнительность», сохраненный Бором, обозначает своеобразное отношение опытных данных о микрообъектах, полученных при помощи взаимоисключающих средств наблюдения. Эти данные, отмечает Бор, хотя и кажутся противоречащими друг другу, на самом деле исчерпывают все, что можно узнать об объекте².

¹ См. литературу, указанную в сноске 2 на стр. 132 настоящего издания.

² См. *П. Бор. Квантовая физика и философия.* — «Атомная физика и человеческое познание», стр. 143—144.

Нам предстоит теперь рассмотреть ближе некоторые стороны содержания концепции, которая исходит из признания двуединой корпускулярно-волновой природы микрообъектов.

Частица — основное понятие классической механики (подобно другим ее основным понятиям) — может быть определена косвенным образом через ньютоновы аксиомы. Такое определение означает, что частица характеризуется совместно посредством импульса и координаты. Но классическое понятие частицы нельзя применять в условиях атомного масштаба, поскольку оно не соответствует установленным на опыте квантовым закономерностям, которые выражаются квантовым формализмом. Здесь важнейшую роль играет соотношение неопределенностей. Оно не только устанавливает пределы применимости *классического* понятия частицы, но также позволяет обобщить и углубить понятие частицы, насыщая его новым, неизвестным классическим теориям содержанием. Это новое происходит из необходимости учитывать в теории волновые свойства микрообъектов.

В квантовом формализме (который качественно отличается от формализмов классических теорий) математически описывается положение вещей в физике, внутренне связанное с признанием двуединой корпускулярно-волновой природы микрообъектов. В нем фигурируют символы, которые обозначают не числа (как в формализме классических теорий), а более абстрактные математические понятия (операторы), вообще говоря не подчиняющиеся коммутативному закону умножения. Каждой физической величине в квантовой механике сопоставляется ее оператор так, чтобы собственные значения последнего давали возможные значения этой величины, а собственные его функции описывали соответствующие состояния объекта (системы). Уже в определениях операторов импульса и координаты содержится в потенциальной форме соотношение неопределенностей (для импульса и координаты)¹, в котором раскрывается, что в квантовом состоянии (оно математически описывается волновой функцией) не существует совместно собственных значений операторов координаты и импульса, т. е. по существу утверждается, что квантовая механика не имеет дела с «классической» частицей.

Таким образом, в квантовой механике — и это демонстрирует квантовый формализм прежде всего — не могут совместиться на классический манер корпускулярные и волновые идеи. С точки зрения классической физики выражение «корпускулярно-волновой дуализм» может применяться, как явствует из сказанного выше, в следующих значениях: 1) *или*

¹ См. об этом: В. А. Фок. Квантовая механика. — Физический энциклопедический словарь, т. 2. М., 1962, стр. 317.

частица, или волна; 2) как частица, так и волна. Однако с точки зрения квантового формализма оба этих значения отпадают. Остается найти, говоря словами Бора, «иррациональную» форму объединения корпускулярных и волновых понятий. Если такая форма существует, то в чем заключается ее логический смысл?

Своеобразие соединения корпускулярных и волновых понятий в квантовой механике концентрируется в своеобразии *квантовой* вероятности — одного из фундаментальных понятий квантовой теории. Введенное Борном и развитое далее Бором, оно означает, что процессы в материальных системах подчиняются вероятностным законам. Согласно такой интерпретации, процесс перемещения частицы сопряжен с волновым процессом, представляющим процесс распространения вероятностной волны. Уравнение Шредингера управляет вероятностной волной, т. е. позволяет определить вероятность какой угодно вариации течения явления во времени в корпускулярном процессе.

Вероятности в квантовой механике отличаются коренным образом от вероятностей в классических теориях. В последних они выражают существование случайных для исследуемых явлений обстоятельств и потому непосредственно не входят в законы этих явлений. Гипертрофия такого положения вещей, характерная для метафизического воззрения, ведет к субъективистской трактовке случайности и вероятности (лапласовский детерминизм). В квантовой механике дело обстоит совсем по-другому: в ней вероятности рассматриваются входящими в основные законы природы (отмеченное выше уравнение Шредингера) и введение их отражает объективно существующее при определенных реальных условиях потенциально возможное. Вероятностные законы квантовой механики — это законы поведения не «классических» частиц и не «классических» полей, а материальных систем, своеобразно объединяющих свойства частиц и полей.

Идея «вероятностной волны» квантовой механики как способ объединения корпускулярных и волновых понятий может показаться искусственной. Между тем ее естественность бросается в глаза, если проанализировать некоторые, отнюдь не мысленные эксперименты. В опыте, скажем, со стрельбой из пулемета мы можем судить о статистике летящих пуль по картине беспорядочных попаданий пуль в мишень. В опыте по диффракции поочередно летящих электронов мы узнаем о статистике поведения электронов по беспорядочно располагающимся на экране пятнышкам (следы попадания электронов), которые при достаточной продолжительности опыта образуют диффракционную картину. Сравнивая первый и второй опыты, мы вправе сказать, что вероятностное поведение электрона

подчиняется волновому закону (чего нельзя сказать о поведении пули). Диффракционная картина, образованная следами электронов, говорит, что электрон не движется как «классическая частица, а движется как частица, обладающая (одновременно с корпускулярными) волновыми свойствами. Действительно, по пятнышку на экране мы заключаем, что электрон обладает корпускулярными свойствами; по диффракционной картине, образованной пятнышками, мы заключаем, что электрон, прошедший через диффрагирующую систему, взаимодействует не с одним или небольшим числом атомов (как взаимодействовала бы «классическая» частица), а с диффрагирующей системой в целом (т. е. ведет себя как волновое образование). Таким образом, электрон проходит через диффрагирующую систему не подобно *только* частице или *только* волне, а как объект, которому присущи нераздельные корпускулярно-волновые свойства.

Очень важно уяснить, что означает нераздельность корпускулярно-волновых свойств электрона или что понимается под диалектическим единством корпускулярных и волновых свойств материи, если поставить вопрос шире. Это можно показать на следующем примере. Рассматривая интерференционный опыт Юнга (допускается, что экран установки сделан из вещества, дающего заметный фотоэлектрический эффект), в котором демонстрируется корпускулярная природа света даже на полосах интерференции, Борн отрицает, что в этом опыте «свет одновременно выступает в обоих своих обликах — и в виде корпускул, и в виде волн»¹. Однако если вдуматься в аргументацию Борна (он утверждает, в частности, что «говорить о частице абсолютно лишено смысла, пока не определены экспериментально по крайней мере две точки ее траектории», и также «совершенно бессмысленно говорить о волне, пока не зарегистрированы по крайней мере два интерференционных максимума»)², то становится ясно, что в высказываниях Борна по существу дела имеются в виду «классические» частицы и волна. Действительно, для понимания соответствующих явлений в опыте Юнга нельзя применять понятия частицы и волны классической физики, — это, собственно, и показал Борн в своих рассуждениях, хотя он думал показать нечто другое. Здесь должны применяться уже понятия *квантовой* теории, качественно отличающиеся от классических понятий. Понятие частицы в квантовой теории, несомненно, отличается от своего классического аналога, и опыт Юнга по-своему демонстрирует это обстоятельство.

Отличие *квантовых* понятий частицы и волны от аналогичных *классических* понятий заключается в том, что квантовые

¹ См. М. Борн. Атомная физика. М., 1965, стр. 125.

² Там же.

понятия частицы и волны в пределах своей теории относительны, а классические понятия в пределах своей теории абсолютны. Это означает, что для описания поведения микрообъекта необходимо вводить в рассмотрение средства наблюдения (относительность к средствам наблюдения), тогда как для описания в классической физике от такого введения можно отвлекаться¹. Отмечаемое отличие покоится на признании того, что в квантовой теории движущиеся объекты рассматриваются с точки зрения единства их противоположных корпускулярных и волновых свойств, а в классической теории если и допускается единство волн и частиц, то только с точки зрения их сосуществования, или параллельного существования в некоторой, подчиняющейся законам классической теории модели.

Мы вправе сделать заключение: диалектическое единство, в котором должны соединиться и соединяются относительные противоположности, отличается коренным образом от объединения противоположностей, в котором последние сохраняются абсолютными и неподвижными. Соединение противоположностей в диалектическое единство не приводит ни к каким формальнологическим противоречиям (это явствует из определения диалектического единства). Такое соединение предполагает, что рождается или родилась более глубокая теория, нежели та, в которой фигурируют абсолютные противоположности, теория с соответствующими новыми основными понятиями и принципами. В этой теории соединяющиеся противоположности становятся аспектами нового понятия. Так, понятие частицы квантовой механики «сохраняет» от классического понятия частицы элемент дискретности, но «теряет» свойство движения по траектории и свойство индивидуальности. Эти «потери», собственно, и означают, что волновые свойства сочетаются с корпускулярными, когда говорится об объектах квантовой механики (что конкретно в самой квантовой механике выражает соотношение неопределенностей для импульса и координаты).

Резюмируя в логическом плане сказанное о диалектическом единстве, можно отметить, что этим единством управляет, вообще говоря, формула «и да и нет», а применительно к проблеме корпускулярно-волнового дуализма — формула «и частица и волна». Эта формула не может привести и не приводит к формальнологическим недоразумениям постольку, поскольку под понятиями «частица» и «волна» в квантовой механике

¹ О понятии относительности к средствам наблюдения см.: В. А. Фок. Об интерпретации квантовой механики. — «Философские проблемы современного естествознания. Труды Всесоюзного совещания по философским вопросам естествознания».

имеются в виду взаимно относительные понятия, а в классической физике — абсолютные понятия. В терминах современной логики особенно явственно то, что формула «и частица и волна» не ведет ни к какой логической бессмыслице. Это выражение относится к метаязыку, тогда как выражение «или частица или волна» относится к языку классических теорий. С этой точки зрения квантовая механика и есть в известном отношении метатеория классической механики. Именно квантовая механика позволяет устанавливать границы применимости классической механики, ее принципов и основных понятий, а также рассматривать другие вопросы, относящиеся к классической механике как теории в целом (например, вопрос об адекватности допустимых в классической механике понятий объективной реальности).

Таким образом, ограничения, которым подвергается в квантовой механике классическое понятие частицы, не есть ограничение познания и не есть также подтверждение позитивистского тезиса, будто вопрос об объективном значении эмпирически наблюдаемого не имеет смысла. Такое «ограничение» есть на деле более глубокое познание корпускулярных свойств материи с учетом присущих ей волновых свойств, от которых при исследовании частиц отвлекаются классические теории вещества. Соответственно с этим «ограничением» обобщается и углубляется понятие частицы, сбрасывая, так сказать, в этом обобщении свою классическую форму.

Подведем общий итог. Когда физическая наука переходит к познанию мира атомных явлений и субатомного мира или к познанию мира звездных систем и галактик, при синтезировании в подлинно философском смысле этого слова достигнутых физических знаний о макро- и микрокосмосе, необходима всесторонняя, универсальная гибкость понятий, отражающая вечное развитие объективно реального мира. Предельно сжатый и глубочайший по содержанию ленинский фрагмент «К вопросу о диалектике»¹, в котором резюмируется все основное, сказанное В. И. Лениным в «Философских тетрадах», ясно показывает, что такая всесторонняя гибкость понятий присуща только диалектическому мышлению.

«Раздвоение единого и познание противоречивых частей его... есть суть... диалектики». «Условие познания всех процессов мира в их „самодвижении“, в их спонтанном развитии, в их живой жизни, есть познание их как единства противоположностей. Развитие есть „борьба“ противоположностей». «Только вторая (концепция развития как единства противоположностей.— М. О.) дает ключ к „самодвижению“ всего сущего; только она дает ключ к „скачкам“, к „перерыву

¹ См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 316—322.

постепенности”, к „превращению в противоположность”, к уничтожению старого и возникновению нового».

Фрагмент «К вопросу о диалектике» как бы специально предназначен В. И. Лениным для новой физики, для разрешения возникающих в ней философских проблем. Тому яркое подтверждение превращение первоначальных квантовых идей в логически стройную развитую физическую теорию — квантовую механику.

* * *

В статье ставилась задача подчеркнуть прежде всего значение философских трудов В. И. Ленина для прогресса физической науки XX в. Чем дальше уходят в глубь истории годы их появления, тем полнее раскрывается их содержание. Ни одна идея Ленина, относящаяся к философским обобщениям и выводам из новой физики, не останется в наше время втуне. Найденные Лениным истины диалектики служат ныне прогрессивному развитию науки и будут служить ему и впредь.

СЕСИЛ Ф. ПАУЭЛЛИ,
профессор Бристольского университета
(Англия)

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

Успехи физики элементарных частиц

Я полагаю, что большинство людей сейчас согласится с тем, что одной из выдающихся черт нашего времени является бурный прогресс науки и техники и что сегодня именно в этих областях творческий гений человека находит одно из главных средств своего выражения. Страна, не вовлеченная по крайней мере в некоторые аспекты научного прогресса, оказывается вне основного потока человеческого развития, что вызывает серьезные последствия для ее интеллектуальной жизни и производительной мощи.

Ядерная физика и физика элементарных частиц, а также близкие к ним области исследований находятся на передовых рубежах науки и связаны с наиболее глубоким проникновением в структуру материальной Вселенной. Со времен классической древности обычно предполагали, что наступит день, который явится концом все более глубокого проникновения в природу вещества. Сейчас такую точку зрения уже невоз-

можно защитить; напротив, сейчас вполне разумно звучит предположение, что атомов в старом, греческом смысле слова — как «неделимых частиц» — не существует.

События прошлого десятилетия, связанные с открытием большого числа частиц, менее стабильных, но не менее значительных, чем электроны, протоны и нейтроны привычного нам мира, расположением их в упорядоченные семейства, аналогичные таблице Менделеева, убедительно доказывают, что мы основательно вступаем в новые области исследования. Я хочу подчеркнуть удивительное замечание, сделанное Лениным в книге «Материализм и эмпириокритицизм», опубликованной в 1909 г., когда электрон был единственной известной элементарной частицей. В то время, когда весь научный мир склонялся к мысли о существовании неделимых и неизменных частиц, Ленин заявил: «Электрон неисчерпаем».

Большое поле приложения достижений физики элементарных частиц и глубокое значение их для различных отраслей знания дает нам уверенность в том, что предмет ее будет в течение многих последующих лет одной из главных областей прогресса теоретической науки, а установленная в результате этих успехов новая картина строения материи окажет сильное влияние на всю физику и естествознание в целом.

Учитывая актуальность предмета исследования и его огромные возможности, в национальные и международные учреждения, имеющие большие ускорители и соответствующее оборудование, необходимое для проведения современных исследований в области физики элементарных частиц, сейчас вкладывают значительные денежные средства; в этих исследованиях занято много людей.

Высокоразвитые страны в состоянии построить большие ускорители на свои собственные средства, а иметь собственный ускоритель — существенное преимущество для физиков любой страны. Но небольшим государствам бывает трудно найти средства для строительства и эффективной эксплуатации подобных сооружений. Это привело к созданию в Женеве Европейского совета по ядерным исследованиям — центра многостороннего сотрудничества, оказавшегося чрезвычайно успешным в создании и эксплуатации протон-синхротрона в 28 Гэв.

Это учреждение является активным центром по проектированию ускорителя в 300 Гэв, который удовлетворил бы потребности Западной Европы в течение последней четверти этого столетия; он поставляет также дополнительное оборудование для ускорителя в 70 Гэв в Серпухове и в 200 Гэв в США. Серпуховский ускоритель по крайней мере ближайшие пять лет, несомненно, будет самой мощной установкой для изучения физики элементарных частиц.

Для ученого 30-х и 40-х годов трудно представить себе, не видя в действии, те новые методы научных исследований, которые характеризуют деятельность крупных международных центров. Они вовлекают в свою работу тысячи людей, используют тончайшую технологию, ювелирную по своей точности технику и самую передовую науку. Их деятельность характеризуется возможно более строгой постановкой проблем планирования и управления.

Шестьдесят лет назад и даже тридцать или сорок исследования в области физики элементарных частиц еще обладали всеми прелестями индивидуального творчества. Имея идею эксперимента, ученый мог, воспользовавшись помощью хорошего механика, сконструировать аппаратуру, провести наблюдение и учесть результаты. Существовала даже возможность выполнить задуманный эксперимент с помощью материалов, находящихся непосредственно под руками, потратив на это всего несколько недель. Подобными преимуществами пользуются в своем творчестве художники; что касается ученых, то они отказываются от этого привычного и приносящего им удовлетворение метода работы только тогда, когда их вынуждают к этому возрастающая сложность предмета исследования и связанная с этим неизбежность постановки все более тонких экспериментов.

Начиная с 1930 г. можно было наблюдать появление других черт в стиле научной работы, связанных с созданием первых ускорителей. Утверждению этих черт в значительной степени способствовал успех эксперимента по получению ядерной энергии для мирных и военных целей. Для успешного осуществления этого эксперимента потребовалось участие в нем целого поколения физиков, выполнение операций в промышленном масштабе и совместная работа ученых в больших коллективах.

Таким образом, именно в физике элементарных частиц впервые можно было ощутить дух науки будущего, тот стиль научной работы, который, по-видимому, станет преобладающим по мере развития техники во все более многочисленных отраслях науки. Возникает, однако, вопрос: как оправдываются большие затраты средств и человеческих усилий, идущих на строительство и работу подобных научных центров?

Перспективы современной науки

Трудно оценить значение фундаментальных достижений науки на стадии их появления, поскольку мы лишены способности видеть то, что происходит по ту сторону горизонта на-

шего собственного времени. Я приведу удивительный отрывок из лекции Максвелла, прочитанной им сто лет назад. «Для нас, знающих только дух нашего собственного века и характер современного стиля мышления, невозможно ни предвидение общей атмосферы науки будущего, ни предсказание специфических открытий, которые будут ею сделаны. Экспериментальная наука постоянно выявляет все новые особенности природных процессов, и мы оказываемся вынужденными искать для их описания радикально новые формы мышления».

Часто отмечают, что потребовалось пятьдесят лет для того, чтобы эксперименты Фарадея в области электромагнетизма нашли практическое применение. Другой пример можно взять из истории науки 20-х и начала 30-х годов нашего столетия, видевших рождение квантовой механики и оформление теории относительности. Понятия, которые были тогда введены, казались странными, ясными лишь посвященным и имеющими малое практическое значение. А сейчас они проникли во все разделы науки и оказались фундаментально важными для промышленности. Подобно этому нам трудно оценить сейчас все последствия успехов науки последних лет. Несомненно, они будут очень глубокими, и весь наш опыт подсказывает нам, что они превзойдут наши самые смелые ожидания.

Иногда говорят, что с тех пор, как изучаемые наукой процессы оказались далекими от наиболее важных для нашего обычного опыта явлений, углубление и расширение научного знания принесет мало пользы практике будущего (более глубоким проникновением в которое мы сейчас заняты). Однако такой взгляд мне представляется слишком узким. Даже если углубление наших знаний на современном этапе не слишком содействует развитию индустрии (а я полагаю, так оно и есть), все же одной из функций даже самой утонченной науки является получение радикально новых достижений промышленности, непредставимых в рамках сегодняшних возможностей.

Недавно открыты астрономические объекты типа квазаров и взрывающихся галактик, в которых обнаружены громадные источники энергии, иногда в 10^{62} эрг. Существование подобных источников невозможно объяснить в терминах обычных ядерных процессов и наиболее эвристических закономерностей в мире недавно открытых частиц. Принимая это во внимание, кто может утверждать, что через сто лет мы не сможем открыть и овладеть новыми источниками энергии, несравнимо более мощными, чем ядерные? При условии, конечно, что мы не разрушим к этому времени всю нашу цивилизацию.

А кто может установить предел перспективам, возникающим в результате громадных успехов применения радиоактивных методов в медицинской химии и биологии? Если мы ока-

жемся неспособными предусмотреть возможности прогресса науки и те средства, которые необходимы для их реализации, то кто еще сможет это сделать?

Однако сегодняшнее наше знание во многих из этих новых областей науки является все еще только элементарным. Это напоминает начальный период открытий в области электричества, когда основным известным фактом было подергивание лягушечьей лапки под действием электрического раздражителя или разряда молнии. Кто мог тогда предположить, что подобное явление, казалось бы совершенно далекое от практического использования, окажется в один прекрасный день необходимым элементом всей нашей цивилизации?

Несомненно, что невозможность предвидения самих фундаментальных открытий в науке и всех вытекающих из них последствий лежит в самой их природе. Но ведь особенность современного положения состоит в том, что требуемые наукой людские и материальные ресурсы очень значительны. При основании крупных научных центров мы должны четко представлять себе, в чем можно быть полностью уверенными и что можно вполне вероятно предполагать; мы должны быть готовыми к тому, чтобы постоянно оценивать приносимую ими пользу и вовремя отказаться от них, если наши надежды покажутся нам мало реализуемыми. Вместе с тем, если мы будем не способны действовать смело и с воображением, это может оказаться чреватым серьезными последствиями.

В настоящее время крупные государства выделяют около 0,3% своего национального дохода на развитие теоретической науки, и эта доля растет. Но насколько увеличится роль, играемая наукой в нашей культуре, через сто лет? Иногда замечают, что если пачать с современного уровня и предположить, что вкладываемые в развитие теоретической науки ресурсы удваиваются каждые восемь — десять лет (как в настоящее время), то окажется, что через сто лет все средства должны будут тратиться только на теоретическую науку. Те, кто всерьез озабочен перспективами, связанными с существующей сейчас скоростью роста расходов на науку, напоминают мне одного отца, который, узнав от жены, что их сын в течение первого года своей жизни увеличился с 3 до 10 кг, в тревоге воскликнул, что если ребенок будет продолжать расти с такой скоростью, то к сорока годам он достигнет веса Земли. Некоторые ученые полагают, что расходы на теоретическую науку должны подняться до 0,6% общего национального дохода. Другие — что через сто лет мы сможем посвятить ей 50% наших ресурсов при условии, что различие между наукой и техникой в значительной степени исчезнет, как это уже случалось в центрах, имеющих ускорители. Трудно пайти твердую оснсу для проведения различия между

этими настолько расходящимися предсказаниями. Однако мне кажется маловероятным, что через двадцать пять лет мы будем оставаться на уровне расходов, составляющих 1% от общего национального дохода.

Результаты глубокого научного прогресса не ограничиваются только материальной пользой, выступающей в форме радикально новых достижений индустрии и являющейся более или менее непосредственным следствием этих успехов. В целом наука и технология, теория и практика образуют сложнейший организм с бесчисленными связями, и нам требуется вся наша мудрость для обеспечения их гармонического развития.

В нашу эпоху история науки служит доказательством того, что в прогрессе науки как целого решающую роль играет то, насколько тонко нам удастся понять основу — состав и взаимодействие элементов материи на различных уровнях. И кажется неправдоподобным, что действительное понимание новой области в иерархии элементарных частиц, в которую, по-видимому, мы сейчас вступаем, не будет иметь подобного же значения для общего здания науки.

Существенной чертой в работе научных центров, имеющих национальные и международные ускорители, является тесное сотрудничество с учеными университетов и других высших учебных заведений. Это большое преимущество для международных центров. С другой стороны, следствием сотрудничества является то, что общий дух, царящий на привлекаемых к нему университетских факультетах, а также качество преподавания и проводимых здесь научных исследований стимулируются фактом работы в их стенах людей, находящихся на передовых рубежах науки. Воображение таких ученых способно, по словам Бэкона, по мере накопления знаний «расширяться и растягиваться» для того, чтобы охватить собой картину строения всей Вселенной. В результате на таких факультетах возникает атмосфера творчества, настроение уверенности в успехе, способное возбудить у молодежи научный энтузиазм.

Таким образом, я сказал бы, что оправданиями больших расходов на теоретическую науку могут служить три факта. Первый заключается в ее влиянии на общее развитие науки и на создаваемую научную картину мира. Второй — в тех практических следствиях, которые прямо или косвенно вытекают из общего научного прогресса, принимая форму радикально новых достижений индустрии или усовершенствований в практической деятельности. И наконец, третий факт заключается в том, что достижение знаний — существенный элемент в создании здорового духа в наших университетах и высших учебных заведениях — невозможно без того, чтобы работаю-

щие в них ученые не принимали участия в точных исследованиях на передовых рубежах науки, являющихся принципиально важными для всей нашей культуры.

*Трудности, связанные
с изменением научных методов*

Иногда говорят, что пятьдесят лет тому назад науки, как таковой, не было, что это был период «предыстории» научной эпохи. Эта фраза очень беспокоит меня. Она содержит в себе слишком низкую оценку деятельности наших предшественников, ибо в действительности мы стоим на плечах гигантов. Это, конечно, верно, что обладание достаточными средствами — великое преимущество. М. Склодовская-Кюри в своей речи в Сорбонне в 1924 г. заметила: «Это правда, что открытие радия было сделано в ненадежных условиях, и укрывающая его завеса упоминается сейчас, овеянная очарованием легенды. Но этот романтический элемент не был преимуществом. Он истощал наши силы и замедлял реализацию. С помощью более совершенных средств можно было сократить первые 5 лет нашей работы до двух лет, при менее напряженном труде. Опыт прошлого не должен быть потерян для будущего». И, несмотря на то что обладание такими значительными ресурсами, какими мы сейчас располагаем, — большое преимущество, это еще не достоинство. О нас будут судить по тому, чего мы сможем достичь с их помощью, — по качеству и силе нашего вдохновения. Мы находимся в такой ситуации, когда нельзя позволить себе быть надменными или самоуверенными.

Наука последних семидесяти лет мне представляется золотым веком, и наша главная задача — обеспечить его продолжение. В прошлом периоды наивысших достижений были короткими и непродолжительными; их главные творцы представляли собой редкое явление; настолько же редкими были благоприятствующие сочетания ситуаций и влияний, составляющие историко-социальную почву открытий. В наше время, если верно то, что наука и техника оказывают огромное влияние на наше общество, не менее верно и то, что сами они зависят от общей атмосферы, царящей в обществе, от существующего здесь отношения к науке, от того, насколько высоко ее оценивают. Существует немало тревожных знамений времени, которые учат нас тому, что прогресс никогда не совершается автоматически. Обеспечение соответствующих ресурсов — необходимое, но недостаточное условие для проведения значительной научной работы. Давно известно, что кроме этого еще нужны решительность, страсть и воображение. Есть хорошая выдержка из Эразмистрата: «Те, кто совсем не имеет при-

вычки к проведению научных исследований, приходят в замешательство и быстро отказываются от преодоления первого же возникающего перед ними испытания по причине недостатка интеллектуальных способностей и утомления. Они падают того, кто без тренировки пробует состязаться в скорости. Но опытный исследователь при проведении экспериментов гибок и изворотлив; он не откажется от поиска, если даже ему придется трудиться не только день или ночь, но, я бы сказал, всю жизнь. Он, не останавливаясь, будет переносить свое внимание с одной, по-видимому относящейся к его проблеме, вещи на другую, пока не придет к решению проблемы».

Приведенная выдержка характеризует тот тип страстного энтузиаста, который всегда стимулировал творческую научную деятельность; подобное отношение к науке мы должны стремиться сохранить в сильно изменившихся условиях нашего времени. Это существенно для успешного продвижения вперед самой науки в период большого научного подъема; вместе с тем это наилучший способ сделать жизнь человека гуманной и приносящей удовлетворение. Конечно, последнее должно быть целью индустрии будущего. Но и большая наука не может успешно развиваться, не имея в виду этой цели. Однако существует опасность, что мы теряем ее. Я боюсь, что существует тенденция дегуманизации науки.

Существуют хотя и не самые важные, но играющие значительную роль трудности, связанные с неизбежным изменением в масштабах операций в наиболее утонченных по своим методам областях знаний и теми совершенно новыми требованиями к ученым, которые из них следуют. Ученым приходится работать в больших коллективах, в длительном отрыве от своих домов и семей; как правило, им удается принимать лишь скромное участие в больших открытиях; характер работы требует суровой дисциплины, продолжительного рабочего времени, тщательного и трезвого планирования и строгого выполнения определенного расписания.

Подобные изменения уже наблюдались при переходе от ручного труда к крупному фабричному производству и современной промышленности. Здесь следствием изменений в характере труда часто является то, что ремесленник не находит выхода для своего творческого воображения, и его подлинная жизнь начинается только тогда, когда он освобождается от утомительной работы.

Конечно, аналогия между современной наукой и промышленностью не должна простираться слишком далеко, так как в науке мы редко используем дважды один и тот же путь; но, несомненно, подобное положение несовместимо с подлинной научной деятельностью. Можно отметить, что эта проблема в прошлом уже преодолевалась. Строительство Парфенона

в Афинах потребовало относительно больших экономических расходов, чем те, которые идут на строительство больших научных предприятий в нашем обществе. Если вы сделаете чертежи Парфенона в большом масштабе и попытаетесь вновь воплотить их в жизнь, вы получите, конечно, строение, но в нем явно будет ощущаться недостаток воображения его автора. Оригинал действительно представляет собой гигантскую работу скульптора, и точность линий теряется в большом масштабе даже в геометрических чертежах. Я слышал, что каждая колонна в оригинальном здании была поручена мастеру-каменотесу, который вместе со своими подмастерьями работал над ней около года. Ясно, что они четко представляли себе то место, которое занимал их труд в общей работе, и что подобная деятельность накладывала отпечаток на их вкус и мастерство. Опыт прошлого не должен быть потерян для будущего. Нужно поддерживать достаточно интересные и стимулирующие соперничество условия работы в наших учреждениях, если мы хотим получать по-настоящему конструктивные результаты.

В крупных центрах, занимающихся физикой частиц, дела, по-видимому, идут успешно, ибо предмет ее продолжает привлекать к себе все возрастающее число талантливых молодых людей, посвятивших себя науке. А это — живое свидетельство его жизненности и перспективности. Парфенон был построен до того, как произошло неизбежное разделение между архитекторами и строителями, и для наших крупных научных центров чрезвычайно важно, что как планирование исследований, так и их осуществление находятся в одних и тех же руках — в руках ученых. По-видимому, сейчас, как и при строительстве Парфенона, можно организовать работу по группам так, чтобы дать в действительности достаточный простор для оригинальности и мастерства, и мы должны быть уверенными в том, что сможем и в будущем продолжать в том же духе.

Опасности, стоящие на пути научного прогресса

Но в современной ситуации есть и более серьезные моменты. Прежде всего благотворная роль науки, выступающей в качестве орудия человеческого прогресса, которая провозглашалась многими ее поборниками на заре нашей эпохи, сейчас серьезно подвергается сомнению. Это сопряжено с большой опасностью, поскольку развитию науки может в большей степени мешать нехватка привлекаемых к ней одаренных людей, чем финансовые ограничения на вкладываемые в нее средства.

В некоторых странах молодые люди вынуждены уходить из науки, несмотря на испытываемое к ней влечение. Они не могут не видеть, что, несмотря на большую материальную пользу, которую приносит в высокоразвитых странах развитие науки и ее использование, а также на потенциальные возможности науки в этом плане в масштабе всего мира, маловероятно, что эти возможности будут реализованы. Напротив, богатые страны становятся богаче, а бедные беднее, и это касается не только обеспеченности продуктами питания или техники, но и самой науки.

Будучи далекой от того, чтобы стать великим созидательным элементом в новой мировой культуре, наука стремится локализоваться в высокоразвитых в научном отношении государствах. Эта тенденция усиливается передвижением значительной части наиболее одаренных молодых людей из их собственных стран, где они так необходимы для процветания науки, в более богатые страны. Ведь только здесь проведение крупных исследований в избранной ими области приобретает смысл и значение. И в то время, когда развитие науки в недостаточно развитых странах совершается медленно и перовно (и мы на самом деле не знаем, как эффективно помочь этому), в развитых странах все большая часть отраслей науки, стимулируемая крупными материальными вложениями, вовлекается в производство вооружения и в совершенствование оружия массового уничтожения. Эти тенденции проявляются не в одинаковой мере в различных странах; но, если не предпринять эффективных мер, направленных на их преодоление, они окажут пагубное влияние на будущее развитие науки в мировом масштабе.

Следовательно, в интересах самой науки, не говоря уже о ее широких и основательных приложениях, важно, чтобы по крайней мере некоторые ученые (и чем в большем числе, тем лучше) оказались способными не быть лишь узкими специалистами, безразличными к последствиям своих открытий. Важно, чтобы они смогли активно содействовать решению некоторых серьезных и очень трудных проблем, отдавая этому часть своего времени и энергии. Эти проблемы связаны с бурным прогрессом науки и висят подобно грозовой туче над всем, что бы мы ни думали или ни делали. Если мы не сможем обеспечить мир на земле, то все человечество окажется в опасности, но наука может потерять темп своего развития даже без мировой войны с применением ядерного оружия.

Я думаю, что не имеет смысла останавливаться подробно здесь на другом вопросе — вопросе о том, что теоретическая наука и техника в самом общем смысле слова являются необходимыми элементами человеческой культуры. В наше время для образованного человека, стремящегося к административ-

ной должности или к занятию высокого государственного поста, уже недостаточно быть знакомым только с гуманитарными науками и искусством. Однако в некоторых странах науке не уделяется должного внимания, такое отношение к ней молчаливо предполагается, а иногда даже высказывается открыто.

Чрезвычайно важно, чтобы к мировой науке относились как к величайшему орудию человеческого прогресса, чтобы все более усиливалась ее роль как в системе образования, так и во всей общественной жизни. Во многих странах, включая и мою собственную, огромное большинство населения не получает достаточного знакомства с наукой в школах и наука находится почти вне общей культуры.

Наконец, последний момент. Я говорил о потерях, связываемых с перемещением студентов из стран менее развитых в более развитые. Но еще более серьезным фактом является то, что в то время, когда нам так нужны разнообразные таланты, многие потенциально одаренные умы даже в относительно преуспевающих странах оказываются подавленными главным образом в молодом возрасте. Например, подсчитано, что в моей собственной стране способности около 30% детей никогда не смогут получить должного развития из-за тех социальных условий, в которых живут эти дети. Один школьный инспектор недавно заявил, что большая часть детей дошкольников, собирающихся поступать в некоторые школы, уже обречена на непослушание, ибо дома почти все их связи с родителями принимают форму выговоров или грубой брани. Во многих странах, где бедность превалирует и родители находятся под более тяжелым гнетом нищеты, эта пропорция должна быть значительно большей.

Роль международных научных центров

Основание международных научных центров может способствовать решению некоторых из этих проблем. Опыт показывает, что при хорошей организации подобных центров и достаточной их независимости факт участия в них ученых разных национальностей не только не вызывает особых трудностей, а даже в значительной степени способствует укреплению научных центров. Ничто так не связывает людей, как эффективное сотрудничество при решении сложных и актуальных задач; и совместный труд становится лишь плодотворнее от того, что различные нации могут проявить в нем те свои качества, которые выгодно отличают их друг от друга.

Крупные международные научные учреждения, если они хорошо задуманы и организованы, могут помочь в развитии

взаимного понимания и симпатии между нациями. Они могут помочь маленьким государствам обрести стимулирующие условия работы для некоторых, наиболее одаренных молодых людей и приостановить их эмиграцию. Таким образом, они могут обеспечить возможность более тесного сближения наиболее передовой науки с собственной культурой этих государств. Более того, они могут остановить и обратить процесс, который мы часто называем истощением мозга, и заместить его взаимным обогащением науки и культуры.

Есть вполне обоснованная надежда, что вокруг национальных и научных центров развернется еще более широкое сотрудничество. Существующие центры служат для координации усилий, и мы получили возможность тщательно отбирать из самых различных стран нужных нам талантливых специалистов, не расточая попусту денежные средства и человеческие усилия.

Я думаю, что предвидеть, каким в действительности будет общество будущего, невозможно, но несомненно одно: что создано оно может быть лишь после многочисленных опытов успешного сотрудничества во многих областях, что именно в науке, где мы работаем сообща так плодотворно и эффективно, будут сделаны первые шаги в этом направлении. Кто знает, может быть, центры по изучению физики элементарных частиц и подобные им учреждения в других областях приведут к созданию всемирной академии, целью которой будет не только прогресс науки во всемирном масштабе, но и содействие установлению мира на земле. Только в мире без войн может быть реализовано истинное предназначение науки — служить орудием человеческого прогресса.

СЕИТИ САКАТА,
профессор Нагойского университета
(Япония)

НЕКОТОРЫЕ ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Какую бы позу ни принимали
естествоиспытатели, над ними вла-
ствует философия.

Ф. Энгельс

Три точки зрения на элементарные частицы

Ответить правильно на вопрос «Что такое элементарные частицы?» будет возможно лишь тогда, когда ныне существующая теория элементарных частиц примет более совершенную, развитую форму. Тем не менее исследователям элементарных частиц нужна прежде всего какая-нибудь точка зрения на эти частицы. Такая точка зрения оказывает влияние на понимание материи и природы, на мировоззрение, а также обуславливает методологию исследования элементарных частиц. Современные физики придерживаются различных точек зрения на элементарные частицы; их можно разделить, схематически говоря, на три.

1) Метафизическая точка зрения, согласно которой элементарные частицы подобно атомам Демокрита представляют собой первичные элементы материи. Сторонники этой точки

зрения рассматривают законы движения элементарных частиц как абсолютные законы, а квантовую теорию поля как вечную теорию.

2) Позитивистская точка зрения, согласно которой элементарные частицы только понятия, созданные для удобства описания физических явлений. Для сторонников этой точки зрения цель физики заключается лишь в отыскании соотношений между экспериментальными данными.

3) Диалектическая точка зрения, согласно которой каждое из таких понятий, как «молекула» — «атом» — «атомное ядро» — «элементарная частица», соответствует тому или иному уровню в бесчисленных уровнях строения природы. На каждом уровне действуют свои собственные законы движения.

Первая точка зрения относится к метафизическому материализму. Она является материалистической, так как она признает элементарные частицы объективной реальностью. Она представляет собой метафизическую догму, так как считает элементарные частицы первичными элементами материи, принимая некритически взгляд, который оправдывается только на определенной стадии развития экспериментальной техники.

Вторая точка зрения позитивистская и связана с идеализмом. Несмотря на то что эта точка зрения выступила против первой, она по существу является ее спутницей; второй точке зрения суждено тоже впасть в догматизм. Можно сказать, что большинство физиков нашего времени бродят между первой и второй точками зрения.

Третья точка зрения опирается на диалектический материализм. Уже во второй половине XIX в. Энгельс утверждал, что атомистические понятия следует понимать как уровни строения материи. Он писал в книге «Диалектика природы»: «Новая атомистика отличается от всех прежних тем, что она (если не говорить об ослах) не утверждает, будто материя только дискретна, а признает, что дискретные части различных ступеней (атомы эфира, химические атомы, массы, небесные тела) являются различными *узловыми точками*, которые обуславливают различные *качественные* формы существования всеобщей материи...»¹ Развитие атомной физики в XX в. полностью подтвердило справедливость этого утверждения.

Положение атомной теории в начале нашего века было так похоже на современное положение теории элементарных частиц, что можно было бы описать эти два периода в развитии физики одинаковыми словами, если заменить выражение «элементарная частица» словом «атом», а выражение «квантовая теория поля» выражением «ньютонова механика».

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 608—609.

Полемика между Больцманом, Планком и другими физиками, стоящими на первой точке зрения, и Оствальдом, Махом и другими, стоящими на второй точке зрения, хорошо известна как противоречие между атомистикой и энергетикой. Нищета философии была причиной повторения таких бесполезных дискуссий в то время, когда обнаружилось существование электрона и началось изучение его свойств. Тогда физики крепко верили в неизменность и неделимость атома и считали механику Ньютона вечной теорией, охватывающей все движения от небесных тел до атома.

Но целая серия важных открытий (электрон, лучи Рентгена и т. д.), особенно открытие «великого революционера» радия, уничтожили эти иллюзии и вызвали кризис физики, о котором писал Пуанкаре в книге «Ценность науки». Когда физики, стоящие на первой точке зрения, были в замешательстве, выступили лица со второй точкой зрения, у которых тоже не было сил спасти физику от кризиса.

Ленин в книге «Материализм и эмпириокритицизм» глубоко проанализировал этот кризис и подчеркнул, что физике ничего не остается, как принять третью точку зрения, чтобы выйти из кризиса. Но в то время никто из физиков не придерживался этой точки зрения. Позднее природа заставила физиков идти на ощупь путем, предугаданным Энгельсом и Лениным. Было обнаружено ступенчатое строение материи: атом — атомное ядро — элементарная частица — и открыты законы движения, господствующие на новых уровнях, т. е. теория относительности и квантовая механика. В соответствии со словами Энгельса: «Природа — пробный камень диалектики» — справедливость диалектического представления о природе обнаружилась стихийной практикой физиков.

Когда физика проникает в сферу явлений, отвечающих новому уровню природы, сразу перестают быть правильными понятия и законы, сформулированные при исследовании старого уровня, так как тогда мы можем положиться только на опытные факты. Вполне естественно, что исследование нового уровня начинается со стадии, описывающей явления, т. е. со «ступени изучения явлений». Но если бы в этой стадии мы, ослепленные страстью исследования новых явлений, потеряли всякое доверие к старому, то мы пришли бы к позитивизму, который сомневается в объективной реальности вещей и ограничивается только чистой эмпирией. Именно этой причиной объясняется распространение второй точки зрения в начале XX в. и сильная позитивистская тенденция внутри копенгагенской школы при создании квантовой механики. Но подлинное развитие физики, приведшее к открытию огромного множества фактов, заставляет ученых покинуть консервативные позиции. Оно преодолевает эмпиризм отдельных ученых, обна-

руживает строение атома и открывает законы движения, господствующие на новом уровне материи, т. е. квантовую механику. Профессор Мицуо Такетани¹ назвал «ступенью изучения субстанции» ту ступень познания, на которой обнаруживается строение предметов за явлениями, и «ступенью изучения сущности» ту ступень познания, на которой понимаются различные явления нового уровня и находятся собственные законы, действующие там. Он указал на то, что углубление познания человека о природе есть диалектический процесс, развивающийся по спирали, витки которой проходят через три ступени: «изучение явления», «изучение субстанции» и «изучение сущности». Это учение о трех ступенях, предложенное Такетани, обосновывается и опирается на ступенчатое строение природы, т. е. на диалектику природы, и является эффективной методологией, которую сумели создать только сторонники третьей точки зрения. Современная теория элементарных частиц отличается от прежней атомной теории, в частности, тем, что появились физики, стоящие на третьей точке зрения.

*Точки зрения на элементарные частицы
и копенгагенская интерпретация
квантовой механики*

Одной из причин распространенности среди многих физиков взгляда на элементарные частицы как на первичные элементы материи является то, что теория, используемая для описания порождения, уничтожения, рассеяния и распадов элементарных частиц,— это квантовая теория поля, основанная на точечной модели. Собственно говоря, рассматривать элементарные частицы как математические точки можно лишь тогда, когда рассматривается область большого размера, по сравнению с которой можно пренебречь внутренней структурой элементарных частиц. Однако как только эта теория (с ее математическим аппаратом) развилась и добилась известного успеха, то ученые нередко забывали приблизительный характер этой теории и легко создавали иллюзию, будто сам объект изучения является математической точкой. В этом случае математические точки представляют себе как бесструктурные первичные элементы. Это неизбежно приводит к утверждению, будто элементарные частицы также являются первичными элементами материи. Совершенно абсурдно, что элементарные частицы являются геометрическими точками.

Однако многие физики, впадая в математический мистицизм, напоминающий мистицизм школы Пифагора, не чувст-

¹ См. М. Такетани. Некоторые вопросы диалектики (на япон. яз.). Токио, 1948.

вуют странности этого утверждения. Некоторые физики, идя дальше по пути к позитивизму и веря во всемогущество математических уравнений, остаются довольными согласием их результатов с опытами.

Эта позиция современных физиков находится в конце концов в тесной связи с копенгагенской интерпретацией квантовой механики, широко распространенной среди них. Одной из черт этой интерпретации является то, что при описании движения некоторой системы она, предполагая уравнение Шрёдингера заданным, рассматривает на основе логики дополненности только вопрос, как выводить то или иное явление из этого уравнения. Однако в действительности, когда мы хотим применить квантовую механику к некоторому предмету, следует начинать прежде всего с уравнения Шрёдингера. Тогда нам нужно «субстанциальное знание», т. е. знание того, из каких элементов состоит данный предмет и какие силы действуют между ними. На примере системы атома можно убедиться, что сначала было получено знание о строении атома, т. е. выяснено, что он состоит из атомного ядра и движущихся электронов с действующими между ними электрическими силами. Только потом было выведено уравнение Шрёдингера, которому подчиняется движение атомных частиц. Бор охарактеризовал этот пункт как «принцип соответствия» и правильно оценил его эвристическое значение.

Такетани на основе своего учения о трех ступенях познания отметил этот пункт как необходимый момент в построении физических теорий и еще более подчеркнул его значение.

Пока мы имеем дело с областью, в которой уже получилось «субстанциальное знание», копенгагенская интерпретация, основанная на логике дополненности, применяется успешно. Действительно, ее широкое признание обязано тому, что квантовая механика применялась вначале лишь к системам атомов. Так как атомная структура уже известна, «субстанциальное знание» было постоянно и можно было считать его заданным. Можно сказать, что это историческое положение вещей вызвало такое позитивистское стремление, как недооценка «субстанциального знания» и отказ от модели.

С другой стороны, когда физика проникает в область, где необходимо новое «субстанциальное знание», то такая плоская логика, как «принцип дополненности», оказывается бессильной и не знает, что делать. Напомним, какую неудачу потерпела копенгагенская школа в исследовании атомных ядер. Несмотря на то что большинство физиков очень не любили вводить новые элементарные частицы, существенную роль в дальнейшем развитии играли открытие нейтрона и прогресс мезонной теории. Принцип дополненности оказался, так сказать, логикой зрителя, а не практика.

Философы-материалисты издавна много раз критиковали позитивистский характер копенгагенской интерпретации. Бесплодность этой критики определялась тем, что сами критики тоже стояли на позиции зрителя. После недавнего указания на возможность новой интерпретации квантовой механики Бомом, Вижье, Такабаяши и другими возобновляется дискуссия по этому вопросу. По моему мнению, нужно прежде всего возвратиться к позиции практики и правильно оценить интерпретацию, предложенную Такетани.

Нужно указать на важное развитие в этой области. Квантовая механика выявила существование тесной связи между объектом наблюдения и измерительным прибором. Достоинно внимания то, что существует теорема Неймана, которая утверждает независимость результата измерения от места линии раздела между обоими. Если мы, согласно копенгагенской интерпретации, расширяем эту теорему и предполагаем, что от измерительного прибора остается только «абстрактное я» наблюдателя, то мы будем вынуждены считать, что возмущение состояния объекта, следуемое за измерением, вызывается «вмешательством субъекта». Это один пример позитивистского характера копенгагенской интерпретации. Вопреки этому Такетани¹ указал на ошибку утверждения подвижности линии раздела и подчеркнул, что предел подвижности линии раздела находится на границе между микроскопической и макроскопической областями. В таком случае возмущение состояния, вызванное наблюдением, можно считать объективным процессом и можно отказать идеализму в его притязаниях. Недавно справедливость этого предсказания была доказана Грином² при помощи простой модели. Ошибка Неймана состояла в применении квантовой механики к измерительному прибору, несмотря на то что он представляет собой макроскопическую систему. Это вскрывает недостаток недиалектического мышления, которое пренебрегает существованием ступенчатого строения материи.

Находя причину статистичности квантовой механики в «скрытых параметрах», Бом и другие намеревались показать возможность причинной интерпретации в классическом духе. Такие попытки, уже повторенные авторами, сильно привязанными к устаревшим понятиям классической физики, сами по себе не дают ничего существенного. Действительно, «скрытые параметры» оказываются ненужными внутри предела применимости квантовой механики даже без ссылки на математическое доказательство Неймана. Гейзенберг сказал, что попытка найти теперь «скрытые параметры» напоминает попытку найти «конец Земли» после путешествия Колумба и Магеллана. Это со-

¹ См. *М. Такетани*. Некоторые вопросы диалектики.

² *H. S. Green*. «*Nuovo Cimento*» 9, 880 (1958).

вершено верно на квантовом уровне. Ошибка копенгагенской школы состоит скорее в том, что она, считая квантовую механику окончательной теорией, не признает существования субквантового уровня. Работам Боме и других можно придавать новое значение лишь тогда, когда они обсуждаются в связи с вопросами на субквантовом уровне, т. е. с вопросами внутреннего строения элементарных частиц.

Недавняя попытка признания строения элементарной частицы рассматривалась физиками как нечто порочное. Это можно объяснить своего рода распространением «копенгагенского тумана», возникшего из философии дополненности. Конечно, точечная модель элементарных частиц давно критиковалась в связи с трудностью расходимости. Но точечная модель была взята под сомнение относительно ее математической, а не физической стороны, т. е. не относительно строения ее предмета. Некоторые физики прилагали усилия, чтобы найти математический способ устранения расходимости, но никто не хотел решать проблему на основе идеи субквантового уровня, лежащего за элементарными частицами.

Ученые, рассматривающие элементарные частицы как первичные элементы материи, считают вечной и квантовую теорию поля. По их мнению, физика придет к концу в ближайшее время, если удастся преодолеть трудности расходимости. Это убеждение усилилось после открытия профессором Томонага и другими метода перенормировки, т. е. метода мастерски отходить от трудности расходимости. Однако при более глубоком рассмотрении этого вопроса становится ясным ошибочность такой точки зрения, ибо, для того чтобы осуществить перенормировку, необходимо, чтобы уже была разрешена трудность расходимости тем или другим путем. Кроме того, перенормируемы только те взаимодействия, которые имеют особые формы, называемые первым рядом. Однако найти гарантию обеспечения этих условий в квантовой теории поля едва ли представляется возможным.

Впервые мысль о неокончателности квантовой теории поля была высказана Бором в 1930 г. В то время из структурных элементов материи были известны только электроны и протоны, а квантовая теория поля представлялась тогда квантовой электродинамикой, описывающей взаимодействие между этими частицами и электромагнитным полем. В фарадеевских лекциях Химического общества Англии Бор, с одной стороны, отмечал успехи квантовой механики, а с другой — указывал на недостатки ее и ограниченность. Затем он упомянул об отношении массы протона к массе электрона и о величине постоянной электромагнитного взаимодействия как неразрешимых вопросах в рамках квантовой теории поля. Сегодня, когда число видов элементарных частиц намного увеличилось и были открыты

новые взаимодействия — сильное и слабое, эти два вопроса обобщаются в проблеме создания спектра масс элементарных частиц и структуры их взаимодействий. Эти два момента были введены в квантовую теорию поля как «субстанциальное знание»; не существует никакого принципа определения их формы, т. е. никакой *causa formalis* в квантовой теории поля.

Вообще говоря, в каждой теории всегда имеются элементы случайного. Если мы хотим понимать случайность как некоторое проявление необходимости, следует исследовать более глубокий уровень, нежели тот, который изучает данная теория. Согласно диалектическому представлению о природе, не только не существует никакого «первичного» элемента материи, но и нельзя признавать «окончательной теории». Если мы считаем против воли некоторую теорию окончательной, то мы будем вынуждены прийти к заключению, что все элементы случайного этой теории даются «провидением». Тогда наука перестанет развиваться и теология займет место науки.

*Диалектический взгляд
на элементарные частицы
и составная модель*

Я предложил в 1956 г. составную модель¹ элементарных частиц на основе диалектического взгляда, рассматривающего элементарные частицы как один из уровней строения материи, и на основе методологии Такетани, указывающей на переход от «ступени изучения явления» к «ступени изучения субстанции». В этой модели из элементарных частиц, принадлежащих семейству барионов и мезонов, три частицы, т. е. протон, нейтрон и λ -частица, рассматриваются в качестве «фундаментальных» частиц, а все остальные — составленных из этих трех частиц и соответствующих античастиц. В этом случае взаимопревращение элементарных частиц, вызванное сильным взаимодействием, приписывается в конечном счете разделениям и объединениям основных частиц. Это напоминает, что разделения и объединения атомов рассматриваются как причина химической реакции. Поэтому предположение существования «фундаментальных» частиц, согласно закону Накано-Нишиджима-Гелл-Манна, сопоставляется с нахождением атомов, согласно законам постоянства состава и кратных отношений. Эта модель привлекла к себе внимание, так как она не только служила «субстанциальной» основой для структуры сильного взаимодействия, но и позволила объяснить спектр масс составных частиц и предсказала существование тогда открывавшихся резонансных частиц.

¹ См. С. Сакага. Новые представления об элементарных частицах.— «Вопросы философии», 1962, № 6.

После этого накопление многих экспериментальных данных о резонансных частицах и развитие теоретико-группового метода доказали справедливость составной модели, с одной стороны, и потребовали некоторых поправок — с другой. В частности, относительно классификации барионного семейства Гелл-Манн и Нейман указали на то, что лучше приписать протон, нейтрон и λ -частицу к октету вместе с Σ - и Ξ -частицами. Если это утверждение окажется правильным, то не следует рассматривать реальный протон, нейтрон и λ -частицу как основные частицы составной модели, а нужно считать, что существуют «более фундаментальные частицы», имеющие подобное свойство. На вопрос «Что такое настоящие фундаментальные частицы?» имеется в настоящее время множество возможностей для ответа, и нельзя прийти к однозначному заключению¹. Самой простой и самой близкой к моей модели является схема кварков, предложенная Гелл-Манном. «Кварки» имеют многие странные свойства как дробные электрические заряды и т. д. Не нужно беспокоиться об этом, так как «кварки» принадлежат к субквантовому уровню. Скорее я беспокоюсь о нынешнем распространении теоретико-группового метода, о господстве превратной точки зрения, которая, трактуя симметрию в качестве окончательного принципа, считает, что введение «субстанции» в виде «кварка» есть не что иное, как способ найти такой принцип.

Несомненно, модели элементарных частиц будут менять свою конкретную форму с развитием экспериментальной техники. Позиция, фиксирующая некоторую форму и твердо придерживающаяся этого, является метафизической, она не имеет ничего общего с диалектической точкой зрения. Однако «метод составной модели», основанный на диалектическом представлении о природе, рассматривающий элементарные частицы как один из уровней строения материи, приходится развивать беспредельно вперед в противодействие позитивистской философии. Ленин, как великий философ, отметил: электрон тоже неисчерпаем.

¹ См. мою статью в «Supplement of Progress of Theoretical Physics. Extra Number» (1965).

В. С. БАРАШЕНКОВ,
доктор физико-математических наук,
Д. И. БЛОХИНЦЕВ,
член-корреспондент АН СССР

ЛЕНИНСКАЯ ИДЕЯ НЕИСЧЕРПАЕМОСТИ МАТЕРИИ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ

Начало нашего века ознаменовалось фейерверком выдающихся физических открытий. Эти открытия были самым тесным образом связаны с общеполитическими проблемами, так как затрагивали основные представления об окружающем нас мире.

Парадоксальный характер открытий, радикально изменивший привычный, казавшийся вполне очевидным взгляд на строение вещества и на свойства пространства и времени, с одной стороны, и неправомерные представления о структуре некоторых общих физических понятий и нечеткость философских воззрений — с другой, — все это послужило основой для целого ряда глубоко ошибочных философских выводов и обобщений. Один из таких выводов был связан с незаконным отождествлением массы с материей (ее «количеством»). Материя сводилась к кате-

горни электромагнитного поля (напомним, что развитие электронной теории привело на том этапе к выводу о том, что масса частицы имеет электромагнитное происхождение), само поле рассматривалось как некая нематериальная сущность. Многие полагали, будто физика обосновала таким путем факт «исчезновения материи».

В. И. Ленин не был физиком, но, будучи блестящим философом, он смог устранить трудности, с которыми не могли справиться сами физики. В книге «Материализм и эмпириокритицизм» и в других работах В. И. Ленин четко и ясно показал, что линия раздела материализма и идеализма совсем не определяется тем, какое происхождение имеет масса электрона — электромагнитное или какое-либо другое. «Материя исчезает», — писал В. И. Ленин, — это значит 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 материи»¹.

Развивая эту мысль далее, В. И. Ленин формулирует замечательное положение о «неисчерпаемости электрона», означающее, что научное исследование электрона может идти как угодно глубоко и приносить все время новые и новые сведения об этой реальности. Это важнейшее философское положение оказало глубокое влияние на мировоззрение нескольких поколений физиков и в настоящее время является одним из руководящих методологических принципов физического исследования. В природе не существует каких-либо абсолютно простых «элементарных» объектов; все физические объекты имеют бесконечное множество различных свойств, обладают сложной внутренней структурой. На каждом новом этапе исследования эта структура может быть весьма отличной от того, с чем ранее приходилось иметь дело физикам.

Более шести десятилетий прошло с того времени, как В. И. Лениным была впервые выдвинута идея о «неисчерпаемости электрона». За это время неизмеримо возросли и углубились наши знания о строении материи, для исследования этой проблемы сейчас привлекается весь арсенал современной техники, экспериментальные лаборатории стали напоминать крупные промышленные предприятия.

Далее мы попытаемся рассмотреть, как отражается и преломляется в физике наших дней ленинская идея о «неисчерпаемости электрона», к каким новым философским проблемам приводит развитие и детализация этой идеи.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 275.

Частично эти вопросы уже были рассмотрены в статье одного из авторов¹, поэтому сейчас мы будем касаться в основном лишь тех вопросов, которые приобрели значение в последние годы.

Понятие пространственно-протяженной частицы

Несмотря на большую популярность, которую в начале XX в. приобрели утверждения о том, что «физика доказала исчезновение материи», они были незаконными и необоснованными уже с чисто физической точки зрения независимо от наивных отождествлений массы и материи.

Величина электромагнитной массы электрона, которая следовала из формул электронной теории, оказывалась бесконечно большой; то значение массы, которое наблюдалось на опыте, или вообще какое-либо ее конечное значение можно было получить лишь при условии, что электрон имеет отличные от нуля пространственные размеры. Однако все попытки построить электронную теорию протяженных электронов сразу же приходили в противоречие с требованиями теории относительности: скорости сигналов в такой теории неизменно оказывались больше скорости света c . Поэтому говорить об электромагнитном происхождении массы частиц можно было, лишь закрыв глаза на связанные с этим вопиющие физические противоречия.

Трудности сохранились и в квантовой теории. Все многочисленные попытки построить релятивистски инвариантную теорию протяженных частиц или же последовательным образом локализовать сверхсветовые скорости сигналов лишь в малых пространственно-временных областях $\Delta x \leq l$, $\Delta t \leq l/c$ не привели к успеху. Наиболее полно эти трудности изучались в так называемых нелокальных теориях. В настоящее время известно большое количество таких теорий; общим для них является то, что всегда тем или иным путем (этим определяется конкретный вариант теории) вводится элементарная длина l , определяющая масштаб области пространства-времени ($\Delta x \leq l$, $\Delta t \leq l/c$), внутри которой могут распространяться сверхсветовые сигналы («область нелокальности»).

Введение элементарной длины оказывается чрезвычайно критичным для современной теории; возникающие при этом трудности пронизывают буквально все стороны теории. Сюда относятся вопросы, связанные с релятивистской инвариантностью (условие математической совместности, упорядочение по вре-

¹ См. Д. И. Блогинцев. Книга В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» и современные представления о структуре элементарных частиц.— «Успехи физических наук», 1959, т. LXIX, вып. 1, стр. 3.

мени, сверхсветовые скорости), вопросы, относящиеся к квантово-механическому описанию (унитарность матрицы рассеяния, дефинитность метрики), вопросы сходимости матричных элементов, вопросы градиентной инвариантности (когда дело касается заряженных частиц) и т. д.

Особую трудность для нелокальных теорий представляет формулировка условий, которые должны гарантировать сохранение макроскопической причинности (т. е. причинности в областях $\Delta x \gg l$, $\Delta t \gg l/c$), если нарушена микропричинность, при одновременном соблюдении унитарности матрицы рассеяния. (Напомним, что требование унитарности матрицы рассеяния обуславливает сохранение нормировки полной вероятности всевозможных процессов.)¹

В работах ряда авторов было показано, что, вообще говоря, нелокальную теорию можно сформулировать в таком виде, что большая часть указанных выше трудностей отпадает или смягчается; оказывается, что многие из этих затруднений не носят принципиального характера, а появляются в результате слишком прямолинейного обобщения аппарата локальной теории точечных частиц. Эквивалентные друг другу формулировки локальной теории оказываются совершенно неравноценными с точки зрения возможности их нелокального обобщения. Именно с неудачным выбором исходной локальной формулировки как раз и связано происхождение ряда трудностей нелокальных теорий.

Все же современные нелокальные теории поля находятся на уровне математических моделей, неспособных интерпретировать или предсказывать реальные физические явления. Общая ситуация осложняется еще и тем обстоятельством, что в эксперименте пока нет совершенно никаких указаний на существование каких-либо нелокальных эффектов; поэтому нелокальные теории строятся таким образом, чтобы во всей доступной современному эксперименту области они совпадали с обычной локальной теорией. Только этим и определяется величина постоянной l . В сущности современные нелокальные теории — это исследование некоторых новых математических форм со старым физическим содержанием.

Из анализа трудностей современной теории поля складывается впечатление, что для устранения этих трудностей требуются какие-то существенные изменения теории, относящиеся к самым ее основным понятиям — понятиям поля, частицы, пространства и времени и т. п.

Вместе с тем современная квантовая теория предсказывает — и это хорошо подтверждается экспериментом, — что элемен-

¹ Подробнее об этом см.: *Д. И. Блохинцев*. Нелокальные и нелинейные теории поля. — «Успехи физических наук», 1957, т. LXI, вып. 2, стр. 142.

тарные частицы все же имеют пространственные размеры, однако не в том смысле, как об этом говорилось выше. Свободная, не взаимодействующая частица — это всего лишь математическая абстракция, реальные частицы всегда взаимодействуют с вакуумными полями, и в соответствии с соотношением неопределенностей вокруг каждой из них существует динамическое «облако» виртуально испускаемых и поглощаемых частиц. При взаимодействиях элементарных частиц между собой и при взаимодействии с электромагнитным полем наличие таких облаков эффективно проявляется как релятивистски инвариантная

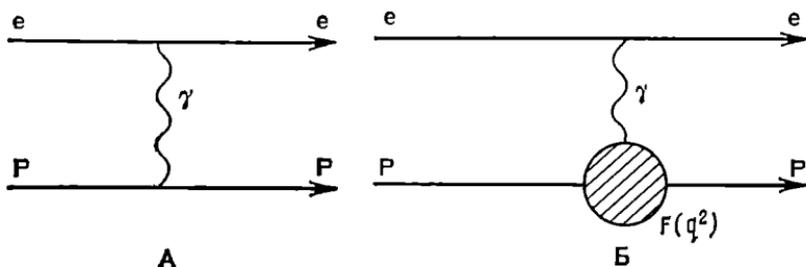


Рис. 1

А — диаграмма, описывающая рассеяние точечного электрона точечным протоном (γ — виртуальный фотон);

Б — аналогичная диаграмма для рассеяния точечного электрона протоном, вокруг которого имеется протяженное «облако» виртуальных частиц;

$F(q^2)$ — релятивистский форм-фактор, описывающий структуру «облака»;
 q^2 — квадрат четырехмерного вектора переданного импульса, равного разности четырехмерных импульсов протона до и после столкновения

структура этих частиц — «размазка» их электрического заряда, магнитного момента и массы, которая становится все более и более сложной по мере того, как мы переходим в область ультрамалых масштабов.

С математической точки зрения такая структура может быть описана посредством некоторых релятивистски инвариантных функций, форм-факторов, в узлах фейнмановских диаграмм, соответствующих точкам взаимодействия (рис. 1). Выражения, описывающие взаимодействия, приобретают в этом случае самый общий вид, какой только возможен в релятивистски инвариантной теории. Вид форм-факторов $F(q^2)$ определяется из сравнения теоретических выражений для сечений взаимодействия с экспериментом.

Важно подчеркнуть, что, хотя учет виртуальных взаимодействий с вакуумными полями и приводит к форм-факторам, теория по своей структуре остается существенно локальной и по-прежнему содержит расходящиеся выражения.

При взаимодействиях частиц на сравнительно далеких расстояниях, порядка размеров виртуального облака $r \sim 10^{-13}$ см. когда эффект отдачи мал (энергия отдачи $T_{\text{отд}} \ll$ массы частицы M), процесс можно приближенно рассматривать как нерелятивистский. В этом случае нетрудно показать¹, что фурье-трансформация экспериментального форм-фактора

$$\rho(\vec{x}) = \frac{1}{(2\pi)^3} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\vec{q}^2) e^{i\vec{q}\vec{x}} d^3x$$

представляет собой соответствующее пространственное распределение электрического заряда, магнитного момента или массы внутри частицы. (Так как $q_4 \sim T_{\text{отд}} \simeq 0$, то $q^2 \simeq \vec{q}^2$, а интеграл является трехмерным; поэтому функция ρ зависит лишь от пространственных координат.) Если же отдача немала, то функция ρ оказывается, во-первых, зависящей не только от пространственных координат, но и от времени и, кроме того, эту функцию нельзя каким-либо простым образом выразить через квадраты волновых функций $|\varphi_{\text{нач}}|^2$ и $|\varphi_{\text{кон}}|^2$, описывающих распределения зарядов и массы внутри частицы до и после взаимодействия; функция ρ в этом случае сложным интегральным образом зависит от интерференции волновых функций начального и конечного состояний частицы.

Трудности еще более усугубляются при переходе в область очень высоких энергий (т. е. очень малых параметров удара), когда становится необходимым учитывать виртуальные процессы, соответствующие большому числу новых форм-факторов — так называемых четыреххвосток, пятихвосток и т. д. Например, при учете следующего двухфотонного приближения к рассеянию электрона на протоне в известных опытах Хофштадтера возникает около двух десятков новых форм-факторов («четырёххвосток»), соответствующих амплитудам виртуального комптон-эффекта (рис. 2).

Мы видим, что в современной релятивистской квантовой теории пространственный образ протяженной частицы является приближенным и имеет скорее динамический характер, нежели геометрический. Все же трудно освободиться от впечатления, что основные физические понятия — понятия пространства-времени, поля и частиц, с помощью которых мы анализируем сейчас структуру элементарных частиц, — могут оказаться несостоятельными «внутри» частиц, имеющих структуру.

Мы уже указывали выше, что в настоящее время нет экспериментальных оснований для отказа от обычных пространственно-временных представлений в области масштабов $\Delta x \leq 10^{-13}$ см,

¹ См. Д. И. Блохинцев, В. С. Барашенков, В. М. Барбашов. Структура нуклонов. — «Успехи физических наук», 1959, т. LXVIII, вып. 3, стр. 417.

$\Delta t \leq 10^{-23} \text{сек}^1$, тем не менее на современном уровне развития науки сама постановка вопроса о возможности так называемых внепространственных и вневременных форм существования материи представляется далеко не бессмысленной. Если пространство и время понимать как такие формы существования материи, которые выступают как определенное выражение соответственно устойчивости и изменчивости ее бытия, то, поскольку весь мир — движущаяся материя, пространство и время являются всеобщими формами бытия материи.

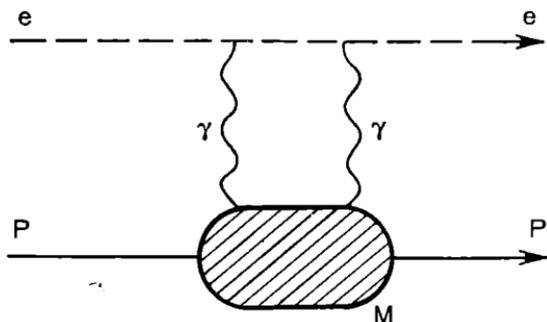


Рис. 2

Диаграмма, описывающая следующее, двухфотонное приближение в рассеянии точечного электрона на протяженном протоне.

Из соображений инвариантности амплитуду M можно записать в виде суммы двух десятков членов, каждый из которых содержит некоторую неизвестную функцию. Как и форм-факторы на рис. 1, эти известные функции должны определяться из сравнения с опытом. В грубом приближении амплитуда M может быть рассчитана с помощью моделей

Наряду с этим под пространством и временем часто (а в физике практически всегда) понимают формы, выражающие структурные соотношения сосуществования явлений и смены состояний. Такой подход предполагает, что на данном материальном уровне имеет смысл различие двух соседних точек (объектов) x_1 и x_2 и двух последовательных моментов (состояний) t_1 и t_2 . Однако свойства «соседства» и «следования» — это конкретные и весьма специфические свойства структуры, которые могут существовать далеко не всегда. С этой точки зрения можно ставить вопрос о «внепространственных» и «вневременных» формах существования материи: микро- и макроскопические формы ее бытия могут существеннейшим образом различаться. Другими словами, здесь речь идет о новом возможном шаге познания пространства и времени как объективно реальных форм всякого бытия.

¹ См. Д. И. Блохинцев. О взаимодействии микросистемы с измерительным прибором.— «Успехи физических наук», 1968, т. XCV, вып. 1.

Изучение возможных обобщений привычного нам образа пространства-времени представляет собой важную задачу философского и физического исследования. Здесь будет вполне уместным еще раз напомнить программное высказывание В. И. Ленина о том, что «ревизия «формы» материализма Энгельса, ре-визия его натурфилософских положений не только не заключает в себе ничего «ревизионистского» в установившемся смысле слова, а, напротив, необходимо требуется марксизмом»¹.

Определенной разведкой в этом направлении является изучение квантованного пространства-времени. Эти теоретические схемы оперируют в искривленном пространстве импульсов. Соответствующее координатное пространство-время существует только асимптотически, для больших расстояний и больших промежутков времени. Однако, как и в случае нелокальных теорий, реализация идеи квантованного пространства-времени встречает пока серьезные трудности.

Современная картина строения элементарных частиц

Ввиду отмеченных выше трудностей с последовательной постановкой вопроса о структуре микрообъектов в физике элементарных частиц широкое распространение получили различные модели. Конечно, все модельные подходы по самой своей сути являются ограниченными и применимы для описания лишь вполне определенных сторон исследуемых объектов, однако в настоящее время это единственный путь для того, чтобы как-то понять и осмыслить быстро увеличивающийся поток экспериментальной информации.

Мы не будем здесь подробно останавливаться на описании различных конкретных моделей строения элементарных частиц, отметим лишь, что современная картина внутреннего строения нуклона, наиболее изученной сейчас элементарной частицы, весьма далека от наивных представлений, разделявшихся большинством физиков всего лишь какой-нибудь десяток лет назад, о том, что структуры протона и нейтрона очень близки друг к другу и различаются в основном лишь по знаку электрических зарядов виртуальных мезонных облаков. Опыты по рассеянию быстрых электронов на водороде и дейтерии и анализ рассеяния пучков медленных нейтронов на электронных оболочках атомов убедительно показали, что структуры протона и нейтрона совершенно не похожи друг на друга даже на периферии и определяют сложные резонансными взаимодействиями виртуальных частиц. Важность таких взаимодействий была осознана лишь в последние годы, после открытия обширного семейства сверхко-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 265—266.

роткоживущих частиц-резонансов. До этого экспериментальные факты, касающиеся структуры нуклонов, казались областью, полной загадок и противоречий.

Анализ многочисленных экспериментальных данных по электромагнитным и ряд фактов по сильным взаимодействиям частиц с нуклонами заставляют думать, что внутри нуклонов, где-то на расстояниях порядка комптоновской длины волны нуклона $r \sim 2 \cdot 10^{-14}$ см, плотность электрического заряда, магнитного момента и массы резко возрастает, образуя как бы некоторый ядро (сердечник) в центре нуклона. Конечно, имея в виду отмеченные выше трудности с описанием пространственной структуры частиц, этот вывод следует рассматривать лишь как грубо качественный; тем не менее то обстоятельство, что он следует из очень многих экспериментов, убеждает в его реальности.

Мы видим, что по мере того, как совершается переход ко все более глубоким слоям вещества, различие масштабов характерных деталей структуры нивелируется; в атомах размеры электронной оболочки и ядра различаются на много порядков, в нуклоне периферическая оболочка и ядро различаются по своим размерам всего лишь в несколько раз. Существенный прогресс в понимании структуры элементарных частиц был достигнут в последние годы в связи с разработкой унитарной симметрии. На этом пути, в частности, удалось связать свойства структуры таких, казались бы, различных частиц, как нуклон и гипероны, π -, η - и K -мезоны и т. д.

Несколько неожиданными явились недавние экспериментальные результаты по структуре π -мезона. Средние геометрические размеры и распределение заряда на периферии этой частицы оказались очень близкими к тому, что нам известно о протоне. Правда, этот вывод требует еще уточнения, так как экспериментальные данные о π -мезонах еще не очень точны.

С точки зрения квантовой теории поля следует ожидать, что все элементарные частицы, в том числе электрон, γ -квант и нейтрино, имеют внутреннюю структуру, обусловленную виртуальными взаимодействиями с вакуумом, однако в отличие от нуклона и π -мезона структура частиц, не испытывающих сильных взаимодействий, сосредоточена в основном где-то в областях

$$\Delta x \leq 10^{-16} \text{ см.}$$

Чтобы пояснить это, рассмотрим виртуальный процесс диссоциации электрона на μ -мезон и пару нейтрино + антинейтрино:

$$e \rightleftharpoons \mu + \nu + \bar{\nu}.$$

Взаимодействие, определяющее этот процесс, является слабым и характеризуется константой взаимодействия Ферми G . С этой константой можно связать длину

$$l = \sqrt{G\hbar c} \simeq 10^{-16} \text{ см.}$$

Можно показать, что если длины дебройлевских волн, которые фигурируют в явлении, близки к 10^{-16} см, то это «слабое» взаимодействие становится более сильным, чем электромагнитные взаимодействия. Если это так, то совершенно ясно, что на расстояниях $\Delta x \leq 10^{-16}$ см бессмысленно рассматривать электрон, не учитывая принципиально новых явлений с участием мезонов и нейтрино. Облако таких частиц будет более плотным, чем облако виртуальных частиц, образовавшихся вокруг электрона в результате электромагнитных взаимодействий.

Для экспериментального исследования ультрамалых пространственно-временных областей $\Delta x \leq 10^{-16}$ см и $\Delta t \leq 10^{-26}$ сек. требуются частицы с энергиями $\geq 10^5$ Гэв, что, по-видимому, еще долго будет значительно превосходить возможности ускорительной техники и будет доступным лишь в опытах с космическими лучами, где точность измерений очень низка ввиду крайней редкости космических частиц с очень большой энергией (напомним, что сейчас на ускорителях исследуются масштабы $\Delta x \geq 5 \cdot 10^{-15}$ см; запущенный недавно 70-гэвный ускоритель протонов в Серпухове позволит снизить нижнюю границу этих масштабов еще приблизительно в 1,5 раза).

Как это ни странно, но исследование внутренней структуры электрона, казалось бы наиболее «простой» и привычной для нас элементарной частицы, явится, по-видимому, делом довольно далекого будущего. Но в этом можно видеть и счастливое обстоятельство. С высокой точностью электрон можно рассматривать как точечный, а это означает, что он может быть хорошим средством для «прощупывания» структуры других, более тяжелых частиц. (Строго говоря, вокруг электрона всегда присутствует облако электронно-позитронных пар с характерным размером $r \sim 10^{-11}$ см; однако ввиду малости постоянной электромагнитного взаимодействия $\alpha = 1/137$ испускание таких пар происходит относительно редко и их облако оказывается настолько «прозрачным» по сравнению, например, с плотностью мезонных облаков вокруг нуклона, что этим облаком можно пренебречь.)

В настоящее время опыты с электронами — основной источник наших сведений о структуре нуклонов и мезонов.

Структура элементарных частиц и понятие элементарности

Экспериментальное открытие структуры нуклонов совершенно по-новому поставило вопрос об элементарности частиц. Ранее под «элементарными» понимались простейшие из известных микрообъектов, которые во всех доступных измерениям про-

цессах взаимодействуют как единое целое¹. Ясно, что к нукло-ну, описываемому форм-факторами, такое определение никак не подходит. Вместе с тем из нуклона нельзя выделить — во всяком случае на современном этапе — каких-то более простых элементов. Во всех известных нам взаимодействиях, реальных и виртуальных, группы частиц, которые принято сейчас называть элементарными, переходят сами в себя, и в них нельзя выделить объектов с «различной степенью элементарности». Элементы структуры оказываются здесь столь же сложными, как и само целое; в этом смысле можно сказать, что нуклоны «содержат внутри себя другие нуклоны».

Следует заметить, что, несмотря на всю необычность последнего заключения, оно является всего лишь конкретной реализацией хорошо известного из математики утверждения, что бесконечное множество содержит части, ему равномошные. В применении к нуклоу оно означает лишь: мы *допускаем*, что любой виртуальный нуклон может виртуально диссоциировать *точно* на такое же бесконечное число виртуальных частиц, как и исходный нуклон.

Понятно, что подобное допущение верно лишь для сильно взаимодействующих частиц и совершенно неправильно, например, в электродинамике, где члены разложений, соответствующих последовательности виртуальных диссоциаций частиц, быстро убывают пропорционально степеням постоянной тонкой структуры $\alpha=1/137$. Конечно, и в применении к сильно взаимодействующим частицам допущение длинного ряда последовательных незатухающих диссоциаций (не говоря уже об идеализации, связанной с бесконечным числом членов ряда) представляет собой всего только предположение, однако его возможные нарушения находятся далеко за пределами современных точностей измерений.

Следует также подчеркнуть, что во всех случаях, когда говорится о том, что какая-то частица *состоит* из других частиц — например, π -мезон состоит из нуклона и антинуклона, — это следует понимать лишь в смысле виртуальных диссоциаций, дефект масс при этом всегда оказывается настолько большим, что ни о какой реальной диссоциации частицы не может быть и речи. В этом отношении π -мезон радикально отличается, например, от дейтрона, дефект массы которого составляет всего лишь около тысячной от его массы и который поэтому действительно можно считать состоящим из протона и нейтрона.

Более того, даже в тех случаях, когда происходит распад частицы (например, $\pi \rightarrow \mu + e$), нельзя говорить о том, что конечные частицы являются частями исходной. Это было бы верно только в том случае, если бы энергия связи (дефект масс)

¹ См. Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц. Теория поля. М., 1948, стр. 34.

была значительно меньше масс, участвующих в реакции частиц, и если бы частицы-компоненты не теряли своей индивидуальности внутри образованного ими целого (как это имеет место в дейтроне).

В настоящее время к группе элементарных относят все частицы, *любые* возможные распады которых, как реальные, так и виртуальные, происходят с дефектом масс, сравнимым по величине с массой исходной частицы или с массами распадных частиц. Это определение, являющееся в сущности не чем иным, как всего лишь практическим критерием, вполне достаточно для однозначного выделения группы элементарных объектов, однако эта группа оказывается очень большой и включает в себя много десятков различных частиц.

Наличие столь большого числа объектов, которые приходится рассматривать в качестве элементарных «кирпичиков» (а их число продолжает быстро возрастать), вызывает у исследователя чувство неуверенности. Открытие унитарной симметрии позволило объединить довольно большие группы частиц в отдельные семейства, члены которых являются различными состояниями одной частицы, и тем самым значительно сократить число существенно различных элементарных частиц; тем не менее число их продолжает оставаться еще очень большим.

С этой точки зрения чрезвычайно привлекательной выглядит гипотеза кварков, которая позволяет *все* сильно взаимодействующие частицы представить составленными всего лишь из двух типов частиц: из кварков и антикварков, каждый из которых имеет три различных состояния. Например, π -мезон оказывается состоящим из кварка и антикварка, K -мезон — тоже из кварка и антикварка, но уже в других состояниях, нуклон — из трех кварков и т. д.

Кварки являются простейшими объектами симметрий групп SU_3 и SU_6 подобно тому, как нуклон является простейшим мультиплетом изотопической группы. Как из нуклонов можно построить все атомные ядра, так и из кварков можно сконструировать все сильно взаимодействующие частицы, с тем лишь (но очень существенным) различием, что дефект масс при этом будет в десятки раз превосходить массы составляемых частиц. С точки зрения величины их дефекта масс (так сказать, плотности их упаковки) и положения в унитарных группах кварки можно рассматривать как наиболее элементарные из всех известных нам сейчас физических объектов — как следующий, более глубокий уровень материального мира. К сожалению, все многочисленные попытки обнаружить кварки на опыте не привели к успеху: кварки по-прежнему остаются пока некоторыми гипотетическими объектами, введенными в теорию на основе групповых и модельных соображений.

Обращает на себя внимание тот факт, что простые и кажущиеся с первого взгляда весьма наивными модели, в которых для описания взаимодействий кварков внутри частиц используются нерелятивистские уравнения, часто приводят к поразительно хорошему согласию с опытом и удивительно легко и естественно объясняют многие особенности элементарных частиц и их взаимодействий. В то же время попытки уточнения модели, как правило, сразу же расстраивают согласие эксперимента и теории. Создается впечатление, что гипотеза кварков в ее современной форме очень примитивно и грубо отражает какие-то весьма фундаментальные и еще совершенно неясные для нее закономерности области ультрамалых масштабов и еще очень далека от реального положения вещей. По-видимому, мы видим лишь туманные контуры чего-то совершенно не похожего на все, с чем мы до сих пор имели дело, поэтому любая попытка описать «нечто» на языке каких-то известных нам представлений сразу же приводит к противоречиям.

Удивительным представляется также и то, что кварки кажутся не имеющими отношения к частицам, не испытывающим сильных взаимодействий: ни μ -мезон, ни электрон, ни нейтрино не удается представить «состоящими» из кварков. На фоне гипотезы кварков лептоны и фотон выглядят какими-то чужеродными объектами.

Есть еще одно обстоятельство, связанное с понятием элементарной частицы, которое наводит на глубокие размышления. Можно показать¹, что прямое распространение представлений современной теории поля в область ультравысоких энергий (и тем самым в область ультрамалых пространственно-временных масштабов) приводит к выводу о том, что само понятие частицы в этой области становится несостоятельным: энергия, связанная с взаимодействием, в этом случае оказывается намного больше энергии, соответствующей массе покоя частиц, и вся процедура вторичного квантования, которой обязано появление частиц в современной теории поля, становится противоречивой. В то же время мы не можем отказаться от понятия частицы, не разрушив всей основы математического аппарата современной теории.

Таким образом, мы видим, что переход к исследованию глубинных слоев структуры вещества поставил современную физику перед целым рядом существенных трудностей и противоречий. Элементарная частица в действительности оказывается необычайно сложной, продвижение внутрь ее требует огромных усилий, во всяком случае не меньших, чем для астрономов, которые изучают далекие глубины Вселенной. Так же

¹ См. Д. И. Блохинцев. Нелокальные и нелинейные теории поля.— «Успехи физических наук», 1957, т. LXI, вып. 2, стр. 142.

сложна и необходимая техника. Если астрономам требуются очень сложные телескопы, то физикам нужны очень сложные ускорители. Правда, некоторые теоретики думают, что они сумеют обойтись без ускорителей. Однако весь опыт познания показывает, что невозможно охватить весь микромир теорией, опираясь на экспериментальные результаты только в ограниченной его области. Понадобятся новые эксперименты, вскрывающие специфику более глубоких областей. Мы можем говорить только о каких-то ограниченных областях Вселенной, которые реально исследованы и для которых можно реально сформулировать законы. По этой причине нам кажется, что понимание ленинских идей о неисчерпаемости элементарных частиц очень важно, так как оно помогает избрать правильный метод работы.

Макроявления в микромире

Исходя из работ В. И. Ленина по материалистической диалектике можно думать, что мы встретимся с очень большими неожиданностями на малых масштабах, т. е. там, где современная теория приводит к абсурдным результатам.

В настоящее время есть основания предполагать, что масса кварков, если она действительно существует, составляет не менее десяти нуклонных масс. Изучение резонансных взаимодействий элементарных частиц приводит к открытию все более и более тяжелых частиц-резонансов с массами, значительно превышающими массу нуклона. Насколько далеко может идти такой процесс возрастания масс микрообъектов? Не может ли возникнуть ситуация, когда в ультрамалых пространственно-временных областях будут рождаться объекты с макроскопическими массами? Другими словами, так ли уж широка пропасть, разделяющая микро- и макромир?

Такая пропасть могла бы существовать, если бы при переходе в область очень высоких энергий сечения взаимодействий элементарных частиц становились исчезающе малыми. В этом случае большие энергии были бы несущественны для микроскопических явлений, иными словами, при больших энергиях частицы становились бы прозрачными. Можно было бы сказать, что нуклоны перестают взаимодействовать между собой, и даже если бомбардирующая микрочастица будет иметь очень большую энергию, это будет, так сказать, «ее личным делом», поскольку она не взаимодействует с другими частицами. И тогда микромир оставался как бы отделенным весьма серьезной гранью от макромира.

Однако эксперимент указывает, что сечения сильных взаимодействий при очень высоких энергиях скорее всего остаются

постоянными и во всяком случае не уменьшаются в сколь-нибудь заметной степени. Так, сечения нуклон-нуклонных взаимодействий остаются приблизительно постоянными вплоть до энергий порядка 10^{18} эв¹. Такие энергии в миллиарды раз превосходят собственную энергию нуклона. При столкновении таких нуклонов возникает заново огромное число вторичных частиц. Поэтому в принципе при столкновениях достаточно энергичных частиц могли бы, образно говоря, рождаться звезды — не как это понимают в физических лабораториях, а как это понимают астрономы.

Тем не менее для реальных космических частиц (по крайней мере в той части Вселенной, которая доступна сейчас нашему наблюдению) такая возможность исключается, так как их энергия автоматически обрезается где-то на уровне 10^{20} — 10^{22} эв благодаря потерям энергии при взаимодействиях с фотонами реликтового теплового излучения Вселенной.

Для величины энергии виртуальных частиц тоже, по-видимому, есть какие-то ограничения, иначе трудно было бы понять, каким образом в природе оказываются конечными те величины, которые в теории выражаются расходящимися энергетическими интегралами. С этой точки зрения сколь-нибудь заметные «макроскопические явления» в микромире представляются маловероятными.

Недавно М. А. Марков, основываясь на идеях общей теории относительности, обратил внимание на то, что есть другая грань, где микро- и макромир могут тесно смыкаться друг с другом².

Из теории относительности известно, что в замкнутом мире с радиусом R расстояние определяется формулой $r = R \sin \chi$, где параметр χ принимает значение между нулем и π . Соответственно поверхность трехмерной сферы в таком мире

$$S = 4\pi R^2 \sin^2 \chi.$$

Очевидно, что S принимает максимальное значение, если $\chi = \pi/2$, и стягивается далее в точку, когда χ возрастает до значения π . При этом оказывается, что собственная гравитационная энергия в точности компенсирует негравитационную массу тел, заключенных внутри сферы S , так что полная энергия становится равной нулю, как это и должно быть для замкнутой Вселенной.

Следовательно, если рассматривать фридмановскую вселенную, которая чуть-чуть незамкнута в том смысле, что $\chi = \pi - \delta$, где δ очень мало, то масса «целой вселенной» может стать

¹ См. В. С. Барашенков. Сечения взаимодействия элементарных частиц. М., 1966.

² «Proc. of the 13th Intern. Confer. on High Energy Phys». Rochester, 1966.

равной, например, массе нейтрона, и для внешнего наблюдателя поведение «такой вселенной» по отношению к действующим на нее силам не будет отличаться от поведения частицы с массой, равной массе нейтрона.

Хотя результаты подобных рассуждений нельзя, конечно, понимать слишком буквально, так как при этом не учитывается квантовый характер явлений в микромире и делается в высшей степени смелое предположение о том, что известные нам сейчас законы теории относительности останутся применимыми вплоть до очень малых расстояний, тем не менее отсюда видно, что пропасть между микро- и макромиром, может быть, не так уж глубока и широка, как это может показаться с первого взгляда. Как бы там ни было, но изучение явлений, протекающих в микромире, приводит нас к обсуждению процессов космического порядка и, наоборот, анализ космологических проблем неожиданно оказывается связанным с основными проблемами физики элементарных частиц.

Электрон поистине оказывается неисчерпаемым.

Заключение

Мы видим, как значительны слова В. И. Ленина о неисчерпаемости электрона. Высказанная им идея сейчас является в сущности программным положением всей физики элементарных частиц.

Вместе с тем надо всегда иметь в виду, что В. И. Ленин, будучи выдающимся философом-диалектиком, подчеркивал, что вопрос знания — это прежде всего вопрос практики; критерий практики является здесь наиважнейшим. Пользуясь терминологией Ф. Энгельса, можно сказать, что процесс познания есть превращение «вещи в себе» в «вещь для нас». На этом пути могут встретиться совершенно поразительные явления, которые могут казаться противоречащими всему, что ранее было известно. И именно на этих рубежах особенно важным является правильное философское осмысление результатов практики. В противоположность другим философским системам диалектический материализм не противостоит современной науке как набор застывших, раз и навсегда данных положений, его содержание обогащается, а форма меняется с каждым новым великим научным открытием.

Можно сказать, что и атом, и атомное ядро уже в значительной мере превратились в «вещь для нас». И мы сейчас присутствуем при том, как глубины элементарных частиц из «вещи в себе» становятся «вещью для нас». Совершенно ясно, что В. И. Ленин в общем виде предвидел именно такой ход развития знаний.

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Широко известны приводимые В. И. Лениным слова Ф. Энгельса о том, что с каждым составляющим эпоху открытием, даже в естественноисторической области, материализм неизбежно должен изменять свою форму. Квантовая физика, несомненно, представляет собой такое делающее эпоху открытие и действительно ставит перед учеными новые проблемы теории познания. Более того, без правильного ответа на возникающие здесь гносеологические вопросы невозможно и правильное понимание квантовой механики как физической теории.

Проблемы, о которых мы говорим, относятся к фундаментальному философскому вопросу об отношении объектов внешнего мира к познающему субъекту. При анализе этих проблем мы должны руководствоваться не только общим положением материалистической философии, что вне и независимо от материи сознание не существует, но и положением об условности и

относительности всех граней в природе. В. И. Ленин прямо говорил, что «и различие материи от духа *относительно, немерно*»¹.

Гносеологическое значение различия в способах описания физических объектов

Понятия теории познания разбиваются обычно на две категории: с одной стороны, субъект с его сознанием, мышлением, ощущениями и восприятиями, с другой стороны, изучаемые им (субъектом) объекты внешнего мира. Классическая физика не видела принципиальных различий в способах описания различных объектов внешнего мира; сообразно этому в гносеологическом отношении все материальные объекты попадали в одну категорию. В квантовой физике (мы имеем в виду физику микромира) выяснилась большая принципиальная роль измерительных приборов как посредников между объектами внешнего мира и сознанием человека. Вместе с тем выяснилось, что устройство и действие измерительных приборов должны описываться существенно иначе, чем свойства и поведение тех микрообъектов, для изучения которых они служат. Различие это настолько велико, что с точки зрения теории познания микрообъекты и измерительные приборы должны быть отнесены к разным категориям.

С другой стороны, измерительные приборы имеют много сходства с органами чувств человека. Например, для многих целей глаз служит достаточно точным измерительным прибором, и употребление очков, микроскопа или телескопа в принципиальном отношении ничего не меняет, а только многократно увеличивает возможности наблюдения и его точность. Оценка на глаз ничем (кроме точности) принципиально не отличается от измерения при помощи прибора. Ученикам академика С. И. Вавилова удавалось констатировать на глаз даже квантовые флуктуации света. Аналогично дело обстоит, например, с определением веса тела при помощи мускульного усилия и на весах. Эти соображения приводят нас к следующему выводу. Если при изучении акта познания необходимо (как это признается в квантовой физике) выделить в особую категорию средства наблюдения, то в эту категорию попадают как собственно измерительные приборы, так и органы чувств человека. Сообразно этому показания приборов и ощущения человека также попадают в одну категорию.

¹ В. И. Ленин. Материализм и эмпириокритицизм, гл. IV, § 8.— Полн. собр. соч., т. 18, стр. 257.

Таким образом, мы приходим к выводу, что при сохранении проводимой в материалистической философии основной линии раздела между разумом и сознанием (иначе говоря, духом), с одной стороны, и материей (в самом широком смысле) — с другой, мы должны различать в гносеологическом отношении и отдельные категории материальных объектов.

Все эти различия связаны с различием в способах описания соответствующих понятий. Так, разум и сознание человека описываются субъективным образом. Бесспорно, что мысль есть продукт мозга; но она столь же коренным образом отличается от мозга, как идея, изложенная на бумаге, отличается от бумаги и чернил, с помощью которых она записана. То обстоятельство, что человек мыслит при помощи мозга, который может являться (и является) объектом изучения в биологии и физиологии, не снимает существования разума и сознания человека как особой субъективной категории, описываемой «изнутри». Это всегда признавалось материалистической философией и остается в силе и после проведения гносеологических различий между типами или категориями материальных объектов. То новое, что вносит сюда проведение такого рода различий, состоит всего лишь в выделении из понятия «субъективное» восприятий органов чувств человека и в сближении восприятий и ощущений с показаниями приборов.

Изменения же, вносимые квантовой физикой в способы описания некоторых категорий объектов внешнего мира (тех, которые принято называть микрообъектами), весьма значительны. В доквантовой физике общей чертой способов описания, применяемых к разнообразнейшим объектам внешнего мира, было молчаливое предположение о несущественности средств наблюдения. Предполагалось, что для любого объекта всегда существует такой «осторожный» способ его наблюдения, который никак не влияет на его поведение; при таком предположении можно было говорить о поведении объекта самого по себе и вообще не ставить вопроса о средствах наблюдения как условиях познания. Сообразно этому в доквантовой физике обе категории — средства наблюдения и объекты наблюдения — объединялись в одну, которая приблизительно и соответствует понятию внешнего мира. Любой объект внешнего мира описывался на основе абстракций, заимствованных из классической физики (и применимых на самом деле лишь к макроскопическим объектам). В дальнейшем мы рассмотрим эти абстракции подробнее.

Выяснение принципиальных основ квантовой физики показало, что способы описания средств наблюдения, с одной стороны, и микрообъектов — с другой, существенно различны. Средства наблюдения могут (и должны) описываться на основе классических абстракций с учетом лишь количественных огра-

ничений, вытекающих из квантовой механики. Микрообъекты же (молекулы, атомы, электроны, фотоны, всякого рода элементарные частицы и квазичастицы) требуют для своего описания новых принципов и новых понятий, настолько существенно отличающихся от старых, что они вообще не могут быть выражены на языке классической физики. Для их выражения пришлось создать особый язык (как математический, так и словесный) — язык квантовой физики.

С проникновением в новые области квантовых процессов и с разработкой соответствующих физических теорий язык этот непрерывно совершенствуется. Особенно много нового дает физика высоких энергий, изучающая взаимодействия и превращения элементарных частиц. Но физические понятия в этой области не получили еще достаточно стройной математической формулировки и труднее поддаются философскому анализу. Поэтому мы коснемся их лишь бегло в конце статьи. Основное же содержание статьи будет посвящено анализу понятий, возникающих в физике малых энергий с ее теоретической основой — нерелятивистской квантовой механикой. Уже и эта ограниченная область содержит по сравнению с классической физикой так много нового в самой постановке задачи описания физических явлений, что без решения определенных гносеологических вопросов здесь обойтись нельзя.

Основные черты классического способа описания явлений

Нам уже приходилось говорить в другом месте об идеализациях и абстракциях, связанных с классическим способом описания физических процессов¹. Здесь мы повторим все наиболее существенное.

Основная черта классического способа описания явлений состоит в допущении полной независимости физических процессов от условий наблюдения. Предполагалось, что всегда можно «подсмотреть» явление, не вмешиваясь в него и не влияя на него (мы уже говорили выше об «осторожном» способе наблюдать объект). Правда, если «подсматривать» физический процесс с разных точек зрения (и соответственно описывать его в разных системах отсчета), то вид его будет различным. Так, свободное падение тела может оказаться в одной системе отсчета прямолинейным, а в другой — происходящим по параболе.

¹ См., например, В. А. Фок. Квантовая физика и строение материи.— «Структура и формы материи». М., 1967; см. также нашу статью «La physique quantique et les idéalizations classiques». — «Dialectica», 1965, vol. 19, N 314, p. 223.

Но зависимость формы явления от движения системы отсчета всегда учитывалась; учет этой зависимости достигается путем простого пересчета от координат одной системы отсчета к координатам другой. Изменение формы явления, допускающее такой учет, очевидно, не вносит в ход самого явления ничего нового; поэтому можно было по-прежнему говорить о независимости самого явления от способа наблюдения.

Квантовая механика показала, однако, что в случае микропроцессов это уже не будет так; там самая возможность наблюдения предполагает наличие определенных физических условий, которые могут оказаться связанными с сущностью явления. Фиксация этих условий не сводится к указанию применяемой системы отсчета, а требует более детальной их характеристики.

Пренебрежение этим обстоятельством представляет абстракцию, которую можно назвать *абсолютизацией* физического процесса. Если ее припятать, то становится возможным рассмотрение физических процессов как происходящих сами по себе, вне зависимости от того, существует ли принципиальная возможность их наблюдения (т. е. выполняются ли необходимые для их констатации физические условия).

Применение этой абстракции вполне допустимо при изучении явлений крупного (макроскопического) масштаба, по отношению к которым воздействие, связанное с измерением, практически не играет никакой роли. Абсолютизация таких явлений и процессов представлялась настолько естественной, что до возникновения квантовой механики никогда явно не оговаривалась. Считалось само собой разумеющимся, что всякий физический процесс происходит «сам по себе». Это чрезвычайно упрощало описание физических процессов, поскольку отпадала необходимость особо характеризовать условия наблюдения.

Вся классическая физика основана на абсолютизации понятия физического процесса. Эта абстракция является одной из ее характерных черт.

Дальнейшей абстракцией является допускаемая в классической физике возможность неограниченно уточнять наблюдение. Под уточнением мы разумеем здесь не только более точное измерение данной величины, но и одновременно измерение помимо данной еще и любой другой величины, относящейся к наблюдаемому объекту или явлению; такого рода уточнение можно назвать *детализацией* измерения. Даже в тех случаях, когда измерение разных величин требует неодинаковых условий наблюдения, классическая физика признает возможным комбинировать данные, полученные при неодинаковых условиях, в единую картину, описывающую изучаемый физический процесс. Такое допущение возможности одновременного охвата разных сторон поведения объекта, разных сторон данного физического процесса логически связано с допущением независимости физиче-

ского процесса от условий наблюдения, т. е. с его абсолютизацией.

Представления классической физики приводят к пониманию состояния движения физической системы (с определенными степенями свободы) как чего-то не только абсолютного, но и исчерпывающего: после того как достигнута полная детализация наблюдений (что признается возможным), никакие дальнейшие наблюдения ничего прибавить не могут.

Физический процесс рассматривался в классической физике как протекающая во времени смена состояний системы. Поскольку понятию состояния системы с данными степенями свободы приписывалось абсолютное (в смысле независимости от условий наблюдения) и притом исчерпывающее (в смысле полноты описания) значение, естественно было думать, что смена состояний во времени происходит по однозначно детерминированному закону. Это приводит к понятию о лапласовском механическом детерминизме. Не только классическая механика, но и электродинамика согласовалась с этим понятием, поскольку эти теории позволяют определить состояние соответствующей (механической или электродинамической) системы в любой момент времени, коль скоро известно ее начальное состояние. Не противоречила ему и теория относительности (мы имеем в виду теорию Эйнштейна 1905 г.), хотя она и ввела много новых понятий. Позиции однозначного детерминизма были несколько поколеблены классической термодинамикой, теоретическое обоснование которой на основе статистической физики невозможно без введения понятия вероятности. Но наиболее очевидным образом неприменимость представлений об однозначном детерминизме, а также представлений об абсолютном характере физических процессов и о возможности их неограниченной детализации обнаружилась в квантовой механике, к рассмотрению основных идей которой мы и перейдем.

*Ограниченность классического
способа описания явлений
и область его применимости*

Такие фундаментальные факты, как двойная, корпускулярно-волновая, природа света и частиц материи, убедительно говорят о том, что классический способ описания явлений к микрообъектам неприменим. Вместе с тем мы не можем его просто отбросить, так как для объективного описания явлений нам необходимо опираться, прямо или косвенно, на что-то не требующее оговорок о способе наблюдения, а таковым является как раз «абсолютный» способ, принятый в классической физике.

Чтобы разумно применять классический абсолютный способ описания, нужно прежде всего установить его пределы. Повто-

рим здесь те хорошо известные рассуждения, которые приводят к неравенствам Гейзенберга, характеризующим эти пределы.

Рассмотрим простейшие явления — движение материальной точки массы m . По классической механике состояние движения материальной точки определяется для каждого момента времени значениями ее координат x , y , z и составляющих количества движения (импульса) p_x , p_y , p_z . Было бы, однако, неправильно рассматривать совместные значения тех и других величин, не учитывая реальных возможностей их измерения; последние же лимитируются квантовыми эффектами. Эти квантовые эффекты проявляются, например, при взаимодействии частицы с фотонами света, облучающего частицу. Здесь существенно, что фотон, характеризуемый волновыми параметрами, является в то же время носителем определенной энергии и количества движения, т. е. носителем свойств «частицы света». Волновыми являются: частота ν (или угловая частота $\omega = 2\pi\nu$), длина волны $\lambda = \frac{c}{\nu}$ и волновой вектор \mathbf{k} , дающий направление распространения, причем абсолютная величина его равна $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi\nu}{c} = \frac{\omega}{c}$, где ω — угловая частота. Если обозначить деленную на 2π постоянную Планка h через h' (так что $h = 2\pi h'$), то энергия фотона E и его количество движения \mathbf{p} будут связаны с волновыми параметрами соотношением

$$E = h'\omega; \quad \mathbf{p} = h'\mathbf{k}, \quad (1)$$

где постоянная h' равна

$$h' = 1,05 \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{сек}. \quad (2)$$

Соотношение (1) связывает волновые и корпускулярные свойства фотона; правые части его содержат величины ω и \mathbf{k} , определяемые из интерференционных явлений, а левые части — E и \mathbf{p} — характеризуют фотон как частицу.

Соотношение (1) отображает, таким образом, корпускулярно-волновой дуализм фотона как световой частицы. Этот корпускулярно-волновой дуализм оказывается общим свойством не только фотонов, но и всех частиц вообще. Как показал Гейзенберг, локализация частицы в какой-либо малой области пространства требует физических условий, неблагоприятных для измерения ее количества движения (т. е. для локализации частицы в пространстве импульсов), и наоборот. Этот результат вполне понятен, так как малая длина волны света, благоприятная для локализации частицы в пространстве координат, означает применение фотонов, несущих большую энергию и способных сообщить частице большой толчок, и тем самым сильно нарушающих ее локализацию в пространстве импульсов; применение же фотонов малых энергий означает использование света большой длины волны, что приводит к расширению всех диффракцион-

ных полос и к уменьшению точности локализации частицы в обычном (координатном) пространстве.

Количественно результат Гейзенберга может быть выражен в виде неравенств

$$\Delta x \Delta p_x \geq h'; \quad \Delta y \Delta p_y \geq h'; \quad \Delta z \Delta p_z \geq h', \quad (3)$$

где величины Δx , Δy , Δz характеризуют размеры области локализации в пространстве координат x , y , z , а величины Δp_x , Δp_y , Δp_z — размеры области локализации в пространстве импульсов p_x , p_y , p_z . Эти неравенства носят название неравенств Гейзенберга. Они показывают, что частица по своей природе не допускает одновременной локализации в координатном и импульсном пространстве.

К неравенствам Гейзенберга (3) можно присоединить соотношение

$$\Delta t \Delta (E' - E) \geq h', \quad (4)$$

связывающее неопределенность в изменении энергии частицы с неопределенностью в моменте времени, когда это изменение произошло. Согласно соотношению (4), акт переноса энергии не может быть точно локализован во времени. Соотношение (4) может быть названо соотношением Гейзенберга — Бора. Соотношения Гейзенберга и Бора (3) и (4) характеризуют область применимости классического («абсолютного») способа описания явлений. Ввиду малости постоянной Планка этот способ, несомненно, применим к макроскопическим телам. Но этим не ограничивается его значение. Он играет важную роль и в описании квантовых процессов, поскольку применяется к тем приборам, показания которых позволяют изучать атомные объекты. Условия опыта (также и над атомными объектами) всегда описываются классическим, «абсолютным», способом.

Возвращаясь к сказанному во втором разделе, мы можем теперь уточнить понятие средств наблюдения как посредников между человеческим сознанием и изучаемыми атомными объектами, указав способ их описания. *Средства наблюдения должны описываться на основе классических абстракций, но с учетом соотношений Гейзенберга и Бора.*

*Относительность к средствам
наблюдения как основа
квантового способа
описания явлений*

Новый способ описания явлений должен учитывать реальные возможности измерений, связанных с микрообъектами. Мы не должны приписывать объектам таких свойств (и таких состояний движения), констатация которых принципиально невоз-

можно. Поэтому следует обратить особое внимание на условия, необходимые для такой констатации. Мы должны учесть устройство и действие приборов, создающих те физические условия, в которых находится объект. Как мы уже говорили выше, приборы и внешние условия должны описываться классически, путем задания значений параметров, их характеризующих. Разумеется, эти параметры могут задаваться лишь с точностью, допускаемой неравенствами Гейзенберга; иначе мы выйдем за пределы реальных возможностей устройства приборов.

Микрообъект проявляет себя во взаимодействии с прибором. Например, путь частицы становится видимым только в результате необратимого лавинного процесса в камере Вильсона или в слое фотопластинки (при этом частица тратит энергию на ионизацию воздуха или фотослоя, так что ее количество движения становится неопределенным). Результат взаимодействия атомного объекта с классически описываемым прибором и является тем основным экспериментальным элементом, систематизация которых на основе тех или иных предположений о свойствах объекта составляет задачу теории: из рассмотрения таких взаимодействий выводятся свойства атомного объекта, а предсказания теории формулируются как ожидаемые результаты взаимодействий. Такая постановка задачи вполне допускает введение величин, характеризующих самый объект независимо от прибора (заряд, масса, спин частицы, а также другие свойства объекта, описываемые квантовыми операторами), но в то же время допускает разносторонний подход к объекту: объект может характеризоваться с той его стороны (например, корпускулярной или волновой), проявление которой обусловлено устройством прибора и создаваемыми им внешними условиями.

Новая постановка задачи позволяет рассматривать тот случай, когда разные стороны и разные свойства объекта не проявляются одновременно, т. е. когда невозможна детализация поведения объекта. Это будет так, если для проявления разных свойств объекта (например, способности электрона к локализации в пространстве и его способности к интерференции) требуются несовместимые внешние условия.

По предложению Бора, можно назвать *дополнительными* те свойства, которые проявляются в чистом виде лишь при взаимоисключающих условиях, а при существенных условиях проявляются лишь в неполном, «смягченном» виде (например, допускаемая неравенствами Гейзенберга неполная локализация в координатном и в импульсном пространстве). Рассматривать одновременное проявление дополнительных свойств (в их чистом виде) не имеет смысла; этим и объясняется отсутствие противоречия в понятии «корпускулярно-волновой дуализм».

Положив в основу нового способа описания результаты взаимодействия микрообъекта с прибором, мы тем самым вводим

важное понятие *относительности к средствам наблюдения*, обобщающее давно известное понятие относительности к системе отсчета. Такой способ описания отнюдь не означает, что мы приписываем объекту меньшую степень реальности, чем прибору, или что мы сводим свойства объекта к свойствам прибора. Напротив, описание на основе понятия относительности к средствам наблюдения дает гораздо более глубокую и тонкую объективную характеристику микрообъекта, чем это было возможно на основе идеализаций классической физики. Такая характеристика требует и более развитого математического аппарата — теории линейных операторов, их собственных значений и собственных функций, теории групп и других математических понятий. Применение этого аппарата к проблемам квантовой физики позволило дать теоретическое объяснение ряда фундаментальных свойств материи, не поддававшихся объяснению на основе классических представлений. Но кроме того, — и это для нас не менее важно — физическое толкование используемых в этом аппарате математических понятий приводит к ряду глубоких принципиальных выводов, и в частности к обобщению понятия состояния системы на основе понятий вероятности и потенциальной возможности.

*Понятия вероятности
и потенциальной возможности
в квантовой физике*

Приняв за источник наших суждений о свойствах объекта акт взаимодействия объекта с прибором и положив в основу описания явлений относительность к средствам наблюдения, мы вводим в описание атомного объекта, его состояния и поведения существенно новый элемент — понятие вероятности, а тем самым и понятие потенциальной возможности. Необходимость рассматривать понятие вероятности именно как существенный элемент описания, а не как признак неполноты наших знаний вытекает уже из того факта, что при данных внешних условиях результат взаимодействия объекта с прибором не является, вообще говоря, predetermined однозначно, а обладает лишь некоторой вероятностью. Серия таких взаимодействий приводит к статистике, соответствующей определенному распределению вероятностей. Это распределение вероятностей отражает объективно существующие при данных условиях потенциальные возможности.

Рассмотрим такой опыт над заданной физической системой, который позволил бы делать прогнозы о результатах будущих взаимодействий с различного рода приборами. Такого рода начальный опыт должен включать в себя определенное пригото-

ление системы (например, приготовление пучка электронов определенной энергии) и создание определенных внешних условий, в которых система будет находиться после приготовления (например, пропускание пучка электронов сквозь кристалл). Иногда целесообразно рассматривать приготовление и создание внешних условий как две различные стадии опыта, но можно рассматривать их и как единый начальный опыт, цель которого — получение прогнозов. Начальный опыт всегда относится к *будущему*.

Способ приготовления и внешние условия в начальном опыте описываются классически, но его результат, который должен давать полную характеристику существующих при данных условиях потенциальных возможностей, требует для своей формулировки уже новых, квантово-механических средств. Чтобы представить себе, какие задачи должны выполняться этими средствами, рассмотрим, как реализуются существующие при данных условиях потенциальные возможности.

Прежде всего нужно иметь в виду, что заключительный опыт, в котором они реализуются, может быть поставлен по-разному: устройства регистрирующего прибора в этом опыте могут быть различными (и притом они, как правило, будут взаимно исключать друг друга). Как и в начальном опыте, устройство и действие прибора описываются классически. Варианты заключительного опыта и соответствующие устройства прибора могут быть охарактеризованы типом величин (координаты, количество движения и т. п.), для измерения которых они приспособлены.

Таким образом, при данном начальном опыте существует прежде всего возможность выбрать для заключительного опыта тот или иной тип прибора. В любом случае заключительный опыт относится к *прошлому* (а не к будущему, как начальный опыт) и его можно называть *поверочным* опытом, поскольку он позволяет поверять прогнозы, даваемые начальным опытом.

Положим, что тип поверочного опыта выбран. Как формулируется его результат? Здесь нужно все время помнить, что речь идет у нас о *потенциальных возможностях*, создаваемых в начальном опыте и реализуемых в поверочном опыте. При данном выборе типа поверочного опыта эти потенциальные возможности формулируются как распределение вероятностей для данной величины (точнее, для могущих быть полученными в поверочном опыте значений данной величины). Таким образом, опытной проверке подлежит распределение вероятностей. Ясно, что такая проверка может быть достигнута не единичным измерением, а лишь путем многократного повторения всего опыта (при одном и том же способе приготовления объекта и одних и тех же внешних условиях). Получаемая в результате много-

кратного повторения статистика и позволяет судить о подлежащем исследованию распределении вероятностей.

Полный опыт (т. е. опыт, доведенный до конца и позволяющий сравнение с теорией) состоит из совокупности начального и поверочного опытов, притом не однократных, а повторенных много раз. Здесь уместно еще раз напомнить, что при данном начальном опыте (при данных начальных условиях) заключительный опыт может быть поставлен различным образом (в нем могут измеряться различные величины) и для каждого типа заключительного опыта существует свое распределение вероятностей.

Таким образом, перед теорией стоит задача так характеризовать начальное состояние системы, чтобы из него можно было получать распределения вероятностей для любого типа заключительного опыта. Тем самым будет получена полная характеристика вытекающих из начального опыта потенциальных возможностей. Поскольку заключительный опыт может относиться не к тому же моменту времени, как начальный, а к более позднему, теория должна давать также зависимость этих вероятностей и потенциальных возможностей от времени. Установление такой зависимости будет играть ту же роль, что и установление законов движения в классической физике.

*Математический аппарат
квантовой механики
и степени свободы
физических систем*

Описание физических явлений, учитывающее относительность к средствам наблюдения и основанное на понятии потенциальной возможности, осуществляется при помощи хорошо разработанного математического аппарата.

Возникающая прежде всего задача о возможных значениях измеряемых величин решается на основе теории линейных операторов: каждой величине сопоставляется линейный самосопряженный оператор, собственные значения которого дают возможные значения этой величины. Такое сопоставление охватывает случай как дискретных собственных значений (точечный спектр), так и непрерывного ряда значений (сплошной спектр). Любопытно, что термин «спектр» употреблялся как в теории линейных операторов, так и в физике (оптические спектры) еще до того, как была установлена связь между тем и другим значением этого слова.

Понятие собственной функции оператора приводит к более общему понятию *волновой функции, зависящей от времени* и описывающей свойственные данной физической системе при дан-

ных условиях потенциальные возможности. Волновая функция удовлетворяет дифференциальному уравнению, вид которого непосредственно связан с видом оператора полной энергии системы; наличие такой связи обусловлено тем, что и в квантовой механике имеет место закон сохранения энергии. Дифференциальное уравнение для волновой функции — первого порядка по времени; поэтому волновая функция однозначно определяется своим начальным значением. Через эту волновую функцию (и через собственные функции операторов, соответствующих измеряемым величинам) выражаются все относящиеся к данной системе вероятности. Можно показать, что эти распределения вероятностей таковы, что соотношения Гейзенберга получаются из них автоматически.

Построение оператора энергии составляет существенную часть теории данной физической системы. Здесь прежде всего необходимо учесть свойственные данной системе степени свободы. Естественнее всего было бы взять те степени свободы, которые соответствуют классическим представлениям о системе. Например, можно было бы приписать электрону те же степени свободы, какие имеет в классической механике материальная точка, и сообразно этому считать волновую функцию электрона зависящей для данного момента времени от трех координат. Однако аналогия с классической теорией может оказаться недостаточной. Сам термин «степени свободы» следует понимать в смысле более общем, чем в классической теории, не сводя его к переменным, относящимся к движению в пространстве, а допуская введение в волновую функцию всяких иных (квантовых) переменных, соответствующих природе объекта. Так, для электрона необходимо даже в нерелятивистском приближении ввести собственный момент количества движения, определяемый особыми операторами, — так называемый спин¹; эта степень свободы особенно существенна для формулирования свойств системы электронов, например электронной оболочки атома. В релятивистском приближении приходится идти по пути введения новых степеней свободы гораздо дальше и рассматривать электрон как часть несравненно более сложной системы, включающей и позитроны. Здесь невольно вспоминается предвидение В. И. Ленина, говорившего о неисчерпаемости электрона еще тогда, когда квантовой механики не существовало².

Возможности введения новых степеней свободы физических систем, открываемые квантовой физикой с ее новыми принци-

¹ Термины «спин» (что по-английски значит «верчение») и «собственный момент количества движения» напоминают о классических аналогиях, но их не следует понимать буквально, в смысле какого-то вращения электрона.

² См. В. И. Ленин. *Материализм и эмпириокритицизм*, гл. V, § 2.— Полн. собр. соч., т. 18, стр. 277.

памии описания явлений, весьма существенны даже для понимания самых простых и основных физических закономерностей. Так, свойства атомов, выраженные Менделеевым в форме периодической системы элементов, получили свое теоретическое объяснение лишь после того, как был открыт спин электрона и сформулирован принцип Паули (принцип антисимметрии волновой функции по отношению к перестановкам координат и спиновых переменных любой пары электронов). На свойствах системы электронов основано также объяснение многих макроскопических свойств твердых тел (кристаллы, полупроводники), притом таких свойств, которые не поддаются объяснению на основе классической физики.

Законы квантовой физики применимы не только к частицам в собственном смысле (имеющим массу покоя, отличную от нуля), но и к частицам с нулевой массой покоя, например к фотонам. По сравнению с электронами фотоны имеют две особенности: во-первых, они легко могут поглощаться и испускаться, так что собрание фотонов представляет систему из неопределенного числа частиц; во-вторых, система заданного числа фотонов описывается (в отличие от системы электронов) симметричной волновой функцией. Квантовая теория электромагнитного поля, включающая теорию фотонов, носит название квантовой электродинамики.

По образцу теории фотонов, связавшей понятия поля и частицы (или квази-частицы), были построены теории других квази-частиц, например элементарных звуковых колебаний — фононов. Эти теории вместе с теорией системы электронов нашли применение в физике твердых и жидких тел. Свойства полупроводников, а также наблюдаемые при низких температурах явления сверхтекучести и сверхпроводимости некоторых жидкостей вообще не могут быть поняты иначе как на основе квантовых законов.

Уже в теории электрона введение новых степеней свободы (прежде всего спина) сыграло решающую роль. В последние годы в связи с развитием физики больших энергий и исследованиями взаимодействий и превращений элементарных частиц выявление новых степеней свободы приобрело особо важное значение. Эти степени свободы формулируются в виде свойств симметрии и свойств преобразования волновых функций и функций поля. Установление их связи с преобразованиями пространства и времени, а также с переходом частиц к античастицам открывает новые перспективы в квантовой теории поля. Эта область квантовой физики далека от своего завершения, однако уже и теперь можно судить о том, насколько существенны здесь новые принципы описания явлений, впервые введенные квантовой механикой.

Опираясь на квантовую физику, мы стремились показать в настоящей статье необходимость методов описания явлений, основанных на понятиях относительности к средствам наблюдения и потенциальной возможности. Применение новых (квантовых) методов не исключает, а только дополняет и ограничивает применение старых (классических) методов, основанных на понятиях абсолютизации и детализации. Старым методам отводится своя область применения.

Как мы уже говорили, квантовая физика имеет хорошо разработанный математический аппарат. Этот аппарат допускает непротиворечивое толкование только на основе понятий относительности к средствам наблюдения и потенциальной возможности; поэтому проведение гносеологических различий между теми объектами, которые описываются методами квантовой физики, и обычными (макроскопическими) объектами представляется нам безусловно оправданным.

Возникает вопрос: не могут ли встретиться в природе иные объекты, требующие специфических методов описания? Такими объектами могли бы быть, например, живые организмы. Проблема отношения между живым организмом и средой несколько напоминает проблему отношения между объектом и прибором: организм характеризуется своими собственными свойствами, которые отнюдь не сводятся к свойствам среды, но нельзя представлять себе его существующим самостоятельно и независимо от среды¹. Когда проблема жизни будет наконец решена и будут найдены адекватные способы описания живых организмов, тем самым будет, несомненно, выделен круг понятий новый и в гносеологическом отношении. Но этот круг понятий не отменит, а только дополнит понятия квантовой и классической физики и ограничит область, где они являются достаточными, неживой природой. Здесь опять придется вспомнить философское положение об условности и относительности всех граней в природе.

Вопросы, примыкающие к теории познания, возникают также при изучении явлений совершенно другого характера и другого масштаба, а именно тех, которые относятся к области космологии. Здесь руководящей является теория тяготения Эйнштейна. Поэтому возникает вопрос о пределах применимости этой теории. Допустимо ли применять ее там, где она приводит к качественно иным свойствам пространства и времени, чем те, какие первоначально легли в ее основу (например, там, где она дает для скорости света нулевое значение)? Допустимо ли распространять обычные понятия пространства и времени на

¹ См. В. А. Фок. Живые контакты между физиками и философами способствуют развитию науки.— «Методологические проблемы науки». М., 1964, стр. 234.

неограниченно большие пространственно-временные области, приписывая им свойства, формально вытекающие из теории, и не анализируя возможностей наблюдения?

Нам представляется неправильным экстраполировать физические понятия, оправдавшие себя в области, где применяются определенные средства наблюдения, на область, где эти средства уже недостаточны. Приведем из области микромира пример. Там такое простое пространственно-временное понятие, как орбита электрона, оказалось неприменимым. Вполне может быть, что имеются какие-то ограничения и для космологически огромных областей пространства и времени.

Вообще любая физическая теория — пусть это будет даже теория тяготения Эйнштейна — имеет свои пределы применимости, и неограниченно экстраполировать ее нельзя. Рано или поздно становится необходимым введение существенно новых физических понятий, соответствующих свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам их познания, а тогда выявляются и пределы применимости теории, причем возникают новые гносеологические вопросы. Руководящими идеями при решении этих вопросов должны быть и впредь идеи диалектического материализма, с такой ясностью и общностью сформулированные В. И. Лениным.

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ
В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ В СВЕТЕ
ФИЛОСОФСКИХ ИДЕЙ ЛЕНИНА

В. И. Ленин в книге «Материализм и эмпириокритицизм», объяснив в общих чертах причины возникшего тогда философского кризиса физики, указал и общий выход из него, который он видел в переходе от материализма старого, метафизического к материализму диалектическому. «...Физика,— писал В. И. Ленин,— свихнулась в идеализм, главным образом, именно потому, что физики не знали диалектики»¹. Физика «рожает диалектический материализм»², но она идет вперед, не видя ясно своей «конечной цели», оцупью, иногда даже задом³. Отстаивая материализм, Ленин объяснял и развивал критический, прогрессивный характер диалектического материализма, его коренные положения об относительной и абсолютной истине,

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 276—277.

² Там же, стр. 332.

³ См. там же.

о критерии практики в познании, об ограниченности всякого представления о строении материи, всякой сложившейся на любом этапе развития науки картины мира. Диалектический материализм не признает никаких абсолютов кроме того, что существует внешний мир и что человеческое сознание отражает его. «...Диалектический материализм настаивает на приближительном, относительном характере всякого научного положения о строении материи и свойствах ее...»¹

Теперь, когда в физику вошла общая теория относительности с ее глубоким преобразованием представлений о пространстве и времени, вошла квантовая механика с ее пересмотром основных понятий вплоть до понятия об отдельном определенном объекте (ибо тождество электронов изменяет это коренное понятие), когда мысль о возможности самых «невероятных» открытий и «сумасшедших» теорий стала для физиков обыденной, как и понимание движения физики через ряд относительных истин, через ряд углубляющихся теорий, — теперь то, что писал Ленин, оправдалось и усвоено большинством физиков из опыта их науки. Физика «родила диалектический материализм», и если остаются еще ученые, которые не поняли этого, то разве лишь из-за узости философских взглядов или неприязни к диалектическому материализму как философии коммунистического движения.

Мы рассмотрим здесь в общих чертах представления о пространстве и времени, содержащиеся в теории относительности, чтобы показать на их примере, как физика рождала диалектический материализм и как именно в свете его идей, которые отстаивал и развивал Ленин, становится понятным подлинное значение и содержание этой теории. Кстати, влияние Ленина в этом круге вопросов было отмечено авторами, углублявшими понимание теории относительности и защищавшими ее от неверных толкований и нападок, исходивших как со стороны тех, кто не был способен — не на словах, а на деле — подойти к этой теории с позиций не метафизического, а диалектического материализма, так и со стороны тех, кто не мог преодолеть в ее понимании влияния позитивизма².

Пространство в математике

Геометрия возникла из практики и лишь в результате достаточно длительного развития была приведена в ту дедуктивную

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 276.

² См., например, работу В. А. Фока «Теория пространства, времени и тяготения» (М., 1961, стр. 18), где В. А. Фок указывает, что его общий взгляд на теории Эйнштейна сложился «под влиянием философии диалектического материализма, в особенности же под влиянием книги Ленина «Материализм и эмпириокритицизм»».

систему, какой она представлена в «Началах» Эвклида. Из практической науки она стала математической теорией. Физика восприняла ее уже в готовом виде. Пространство мыслилось как пустоеместилище тел и явлений, как бы само собой обладающее свойствами, зафиксированными эвклидовой геометрией. Однако по своему первоначальному характеру геометрия была, собственно, как бы первой главой физики, и лишь полное отвлечение пространственных форм и отношений от материального содержания превратило ее в часть чистой математики. Стоит еще напомнить, что у Эвклида геометрия излагается без координат. Координаты, или, говоря языком теории относительности, пространственные системы отсчета, появились в геометрии лишь у Декарта, примерно через девятнадцать веков после Эвклида.

Время, точная мера которого была выработана из наблюдения светил, вошло в общие законы механики, сформулированные Галилеем и Ньютоном. Кстати, понятие об абсолютной одновременности вполне отвечает механике Ньютона. Согласно ей, нет никаких принципиальных ограничений для скорости, которую можно придать телу, — стоит лишь на малое тело подействовать достаточно большой силой. Поэтому «сигнал» вроде выстрела может быть подан от одного места к другому с любой скоростью. Соответственно неточность в сравнении времен в этих разных местах может быть сколь угодно малой. Но величина, меньшая любой заданной, равна нулю. А это и означает, что неопределенность в сравнении времени в разных местах равна нулю, т. е. одновременность пространственно разделенных событий абсолютна.

Абсолютное эвклидово пространство и абсолютное всюду одинаково текущее время укоренились в понятиях. Вместе с наглядным представлением о пространстве и времени это привело даже к тому, что Кант объявил пространство и время лишь априорными формами созерцания, не имеющими отношения к внешнему миру «вещей в себе». Абстракция пространства, родившаяся из практики и оформленная в математике, была пересажена из материальной действительности в сознание.

Однако уже вскоре после Канта Лобачевский выдвинул мысль, что не только геометрия относится к материальной действительности, но что вовсе нельзя утверждать заранее, будто свойства реального пространства не могут быть отличными от тех, какие описываются эвклидовой геометрией¹. Позже Риман формулировал ту же мысль и явно поставил вопрос о происхождении, обосновании метрических свойств пространства. В своей знаменитой работе «О гипотезах, лежащих в основании геомет-

¹ См., например, *Н. И. Лобачевский. Новые начала геометрии с полной теорией параллельных.* — Полн. собр. соч., т. 2. М.—Л., 1949, стр. 200.

рии» он писал: «...или то реальное, что создает идею пространства, образует дискретное многообразие, или же нужно пытаться объяснить возникновение метрических отношений чем-то внешним — силами связи, действующими на это реальное. Решение этих вопросов можно надеяться найти лишь в том случае, если, исходя из ныне существующей и проверенной опытом концепции, основа которой положена Ньютоном, станем постепенно ее совершенствовать, руководясь фактами, которые ею объяснены быть не могут; такие же исследования, как произведенное в настоящей работе... служат лишь для того, чтобы движению вперед и успехам в познании связи вещей не препятствовали ограниченность понятий и укоренившиеся предрассудки»¹. Так и кажется, что Риман провидит то, что было сделано Эйнштейном, который, совершенствуя теорию Ньютона, как раз воспользовался римановой геометрией, а его теория относительности и привела к выяснению поставленного Риманом вопроса об основаниях метрических соотношений в пространстве.

Вскоре после Римана Гельмгольц² дал вывод метрических свойств пространства из свойств движения твердых тел и тем самым придал ясную форму физическим основаниям геометрии, на которых она фактически в значительной мере и возникла. То, что разумеется под свойствами движения твердых тел, — это свойства группы этих движений. Однородность пространства обозначает в этом плане возможность свободного движения твердого тела. В теории Римана это было, однако, лишь частным случаем, реализующимся в римановых пространствах постоянной кривизны.

Развитие наряду с евклидовой разных систем геометрии — аффинной, проективной и других — позволило выявить их общее основание, состоящее в том, что каждая из них определяется соответствующей группой преобразований. Та или иная геометрия с этой точки зрения определяется как учение о тех свойствах фигур, которые инвариантны относительно преобразований данной группы. Эквивалентными считаются фигуры, переводимые друг в друга такими преобразованиями. Так, например, в аффинной геометрии все эллипсы эквивалентны. Свойства фигур можно описывать, пользуясь произвольными координатами; в разных координатах допустимые преобразования представляются по-разному, но это лишь разные представления одной и той же группы, которая и определяет данную геометрию.

Как и теория Римана, эти идеи применялись в математике к пространствам любого числа измерений. Однако, как уже ска-

¹ Б. Риман. О гипотезах, лежащих в основании геометрии.— «Об основаниях геометрии». Сб. М., 1956, стр. 324.

² См. Г. Гельмгольц. О фактах, лежащих в основании геометрии.— «Об основаниях геометрии», стр. 366—382.

зано, теория Римана, допуская неоднородные пространства, не укладывалась в это групповое определение геометрии. Синтез обоих подходов был дан позже, уже после создания общей теории относительности, французским геометром Э. Картаном. Но в очерченном комплексе идей математика подготовила тот аппарат, который смог послужить для формулирования теории относительности. Математика исследовала разные возможные пространства как общие формы многообразий однотипных явлений или состояний (как конфигурационное пространство механической системы, пространство цветов и т. п.). Для нее обычно понимаемое пространство стало лишь одной из таких форм. Исследование его особых свойств было уже делом не математики, а физики. Понятие пространства приобрело, таким образом, два разных смысла — математический и физический.

Основания теории относительности

Диалектический материализм дал общее определение пространства и времени в их физическом смысле как форм существования материи. Это воззвание и отстаивал Ленин против кантианства и иных систем субъективного идеализма. Форма предмета не есть нечто внешнее по отношению к нему, она принадлежит ему и определяется им самим, если он не был отлит в эту форму посторонними ему силами. Поэтому формы существования материального мира — это общая его структура, определяемая его коренными свойствами, а не что-то такое, во что мир как бы вложен. Соответственно рациональная теория пространства и времени необходимо выводит их свойства именно как свойства такой общей структуры из самих свойств материи. Таков и был источник геометрии — она отражала прежде всего общие свойства отношений твердых тел, определяемых в первую очередь возможностью их движения. Представления о пространстве и времени в ньютоновской физике также были неразрывно связаны с законами движения тел, установленными классической механикой. В частности, как было указано, понятие об абсолютной одновременности имело опору в представлении о возможности бросить тело с любой скоростью. Однако, как это обычно бывает в науке, эти связи не были достаточно осознаны, так как к тому не побуждали конкретные задачи физики. Пространство и время мыслились как данные, как бы независимые от материи формы. То, что открывала физика, отлично в них укладывалось.

Но так было до поры до времени. Законы электромагнетизма, сформулированные в уравнениях Максвелла, вступили в своеобразное противоречие с законами механики. В этой последней основное свойство пространства и времени — их однородность

выражалась в принципе относительности Галилея, включая и геометрический принцип относительности евклидовой геометрии. Последний можно определить как эквивалентность всех прямоугольных координат, а принцип относительности Галилея можно определить как расширение этого геометрического принципа относительности, состоящее в том, что системы прямоугольных координат остаются эквивалентными также при произвольном их равномерном и прямолинейном движении друг относительно друга. Несколько неопределенное понятие эквивалентности может быть точно выражено на языке группы преобразований. Общие законы механики инвариантны относительно преобразований, переводящих одну систему прямоугольных координат в любую другую, движущуюся относительно первой прямолинейно и равномерно. Что же касается времени, то оно всегда остается неизменным, не считая изменения начала его отсчета и единицы измерения, т. е. допустимыми для времени преобразованиями были лишь преобразования $t' = at + b$, а при неизменности единиц измерения и начала отсчета $t' = t$. Все такие преобразования прямоугольных координат и времени образуют группу Галилея, причем важно, конечно, не то, что преобразуются именно прямоугольные координаты — координаты могут быть любыми, важна сама группа, а выбор тех или иных координат определяет лишь то или иное ее представление.

Поскольку в физике господствовал взгляд, согласно которому всякое явление имело в конечном счете механическую природу, постольку принцип относительности Галилея должен был представляться всеобщим, относящимся к любым законам, а не только к законам механики.

Однако законы электромагнетизма, выраженные в уравнениях Максвелла, не были инвариантны относительно группы Галилея. Это установил еще в 1887 г. Фохт, но его работа осталась незамеченной, и в 1904 г. преобразования, сохраняющие уравнения Максвелла, были найдены Лоренцем. Оказалось, как известно, что при этих преобразованиях время нельзя считать неизменным, если переходить от одной системы к другой, движущейся относительно первой.

Либо механика Ньютона с ее принципом относительности Галилея и абсолютным временем, либо электродинамика Максвелла, и тогда падает либо принцип относительности, либо абсолютное время. Так, собственно, встал вопрос. Ясное осознание этого вопроса и было, конечно, исходным пунктом для Эйнштейна.

Фактически до него вопрос так не ставился. Были лишь, как известно, разные попытки дать такую формулировку законов электродинамики движущихся тел, которая согласовывалась бы с данными опыта и классической механикой. Но все эти попытки не вели к удовлетворительным результатам. В частности,

знаменитый опыт Майкельсона, направленный на то, чтобы обнаружить движение Земли относительно эфира, не дал результата. Он показал тем самым, что и для электромагнитных явлений верен принцип относительности, что определить абсолютное равномерное прямолинейное движение здесь невозможно так же, как в рамках обычной механики. Итак, фактически задача состояла в должной формулировке законов электродинамики. Соответственно Эйнштейн и озглавил свою работу, давшую основы теории относительности, — «К электродинамике движущихся тел». В формулированной выше дилемме: либо механика, либо электродинамика и тогда либо относительность, либо абсолютное время — он пожертвовал механикой и абсолютным временем.

«Это, конечно, сплошной вздор, будто материализм утверждал... «механическую», а не электромагнитную... картину мира...»¹ Почему же не принять поэтому за основу законы электромагнетизма? Пространство и время — это формы существования материи, и их свойства должны выводиться из законов движения материи, а не предписываться им как данные. Почему же углубление наших знаний о движении материи не может повлечь изменения познанных нами законов пространства и времени, т. е. общих законов пространственно-временных отношений физических процессов?

Мы не утверждаем, что таков был ход мысли Эйнштейна. Мы лишь обращаем внимание на то, что фактически он соответствовал тому, что было в общей форме выражено В. И. Лениным. Не нужно бояться «исчезновения материи», «крушения основных принципов», относительности таких фундаментальных величин, как время или масса. ««Материя исчезает», — писал Ленин, — это значит 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 (непроницаемость, инерция, масса и т. п.) и которые теперь обнаруживаются, как относительные, присущие только некоторым состояниям материи»². «...Диалектический материализм настаивает на приблизительном, относительном характере всякого научного положения»³, стало быть, и положения об абсолютном времени, в частности.

Но если мы допускаем отказ от абсолютной одновременности, то нужно все же дать какое-то определенное одновременности. Откуда его взять — ясно: если мы принимаем за основу электромагнитную картину мира, то определение должно опираться на электромагнитные процессы. Кроме того, мы можем вспомнить о практике и принять соответственно следующий

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 296.

² Там же, стр. 275.

³ Там же, стр. 276.

теоретико-познавательный принцип: определение имеет физический смысл, если оно связывается с возможным экспериментом. Такой принципиально возможный мысленный эксперимент представляет обмен сигналами. Эйнштейн положил его в основу своего знаменитого определения одновременности. Это и было краеугольным камнем его построений.

Указанный теоретико-познавательный принцип, примененный Эйнштейном, был использован им и при обосновании общей теории относительности¹, а метод мысленных экспериментов приобрел позже большое значение в анализе основ квантовой механики. Конечно, метод этот не был новым: мысленными экспериментами широко пользовались, например, в обосновании термодинамики и выводе законов теплового излучения. Новым было то, что мысленный эксперимент стал приемом выяснения принципиальных возможностей определения физических понятий. Истоки указанного принципа можно видеть уже в «Тезисах о Фейербахе» Маркса, где он выдвинул на первый план роль практики, подчеркивая, что «спор о действительности или недействительности мышления, изолирующегося от практики, есть чисто схоластический вопрос»².

Однако этот принцип толковался рядом физиков скорее в духе позитивизма, чем материализма. Определение физического понятия представлялось как условное соглашение о выборе конкретных измерительных операций. Один автор утверждал даже, будто заслуга Эйнштейна состояла в том, что нужно просто условиться, какие события считать одновременными. Понятно, что в буквальном смысле это утверждение нелепо, так как, следуя ему, можно «просто условиться» считать одновременными любые события. Суть в том, что определение понятия имеет реальный смысл лишь тогда, когда оно отражает нечто существенное в природе. А само существование «чего-то существенного» — это вовсе не вопрос условия. Задача гения состоит в том, чтобы увидеть и выразить в определении это существенное. Одновременность в определении Эйнштейна не есть что-то условное, а очень общее, реальное отношение событий, объективно определенное их взаимодействием через излучение. «Сигналы» исходят от событий помимо соглашений и экспериментов и определяют объективную материальную связь явлений. Отвлеченная форма этой связи и выражается понятием одновременности и последовательности во времени. Эйнштейн подчеркивал в своей работе ту мысль, что данное им определение может быть проведено без противоречий в развиваемой им теории. А это и означает, что оно отражает существенные общие черты реальной действительности.

¹ См. А. Эйнштейн. Основы общей теории относительности.— «Принцип относительности». М.—Л., 1935.

² К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 3, стр. 2.

Определение одновременности приводит к уточнению понятия о времени t и, стало быть, о системе пространственных и временных координат x, y, z, t , связанной с каким-либо телом — базисом системы, принимаемым за покоящееся.

Дальнейшие соображения, как писал Эйнштейн, опираются на принцип относительности и принцип постоянства скорости света. Первый — это принцип Галилея, распространяемый не только на механические, но и на любые физические явления. Собственно, новым оказывается второй принцип, в соответствии с которым за основу берутся электромагнитные явления. Из этих двух принципов выводятся преобразования Лоренца и далее следствия из них для кинематики, электродинамики и механики.

Построенная таким образом теория относительности установила, как известно, относительность чуть ли не всех величин, какие считались в классической физике безотносительными. От абсолютного времени и абсолютного пространства осталось одно воспоминание. Время и пространство имеют определенный смысл и допускают определенную меру лишь в отношении той или иной системы отсчета.

Абсолютное пространство-время и релятивизм

Мы представляем себе, что мир существует и имеет определенные свойства независимо от того, к какой системе отсчета эти свойства отнесены или по отношению к какой системе они проявляются. Так, в обычной геометрии проекции данного тела на разные плоскости различны, но само тело имеет определенную форму, которая лишь в ее отношении к разным плоскостям дает разные проекции. Можно еще вспомнить, что геометрия у Эвклида излагалась без всяких координат, т. е. без систем отсчета. Так не возможна ли и теория пространства и времени без систем отсчета? И не являются ли сами пространство и время, как и все величины, относительность которых установила теория Эйнштейна, лишь проявлениями в разных системах отсчета чего-то безотносительного, абсолютного?

Ленин писал, что «в (объективной) диалектике относительно (релятивно) и различие между релятивным и абсолютным. Для объективной диалектики в релятивном *есть* абсолютное. Для субъективизма и софистики релятивное только релятивно и исключает абсолютное»¹.

Теория относительности открыла связь между пространством и временем. Такая связь содержится уже в самом посто-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 317.

ялстве скорости света. Эта скорость есть отношение пути ко времени, и, стало быть, ее постоянство, равенство во всех системах означают универсальную связь между пространственными и временными величинами. Абсолютное должно заключаться не в пространстве и времени самих по себе, а в их соединении. Это осознал Минковский и выразил в словах, которыми он начал свою знаменитую лекцию «Пространство и время». «Воззрения на пространство и время, которые я намерен перед вами развить, возникли на экспериментально-физической основе. В этом их сила. Их тенденция радикальна. Отныне пространство само по себе и время само по себе должны обратиться в тени и лишь некоторый вид соединения обоих должен еще сохранить самостоятельность»¹.

Как геометр, Минковский рассматривал теорию относительности с точки зрения принципов, уже развитых в геометрии, когда та или иная геометрия определяется как учение об инвариантах соответствующей группы преобразований. В теории относительности — это преобразования Лоренца. Поэтому речь идет о геометрии, определенной этой группой. Эта группа действует в четырехмерном «пространстве», так как речь идет о четырех координатах: x, y, z, t . Совокупность всех «мест» (x, y, z) во времена t образует единое многообразие — пространство-время. Оно-то и представляет абсолютную форму существования материи.

По поводу названия «постулат относительности», применяемого к требованию инвариантности относительно группы Лоренца, Минковский сказал: «Так как смысл постулата сводится к тому, что в явлениях нам дается только четырехмерный в пространстве и времени мир, но что проекции этого мира на пространство и на время могут быть взяты с некоторым произволом, мне хотелось бы этому утверждению скорее дать название: *постулат абсолютного мира* (или коротко: *мировой постулат*)»².

Пространственно-временные отношения и свойства тел и процессов не зависят от системы отсчета, но лишь различно проявляются в разных системах. Вообще физические величины, зависящие от системы отсчета и в этом смысле относительные, являются своего рода проекциями более общих величин, которые от системы отсчета уже не зависят. Соответственно Минковский дал четырехмерную формулировку законов релятивистской механики и электродинамики. Таким образом, он не только развил глубокое понимание теории относительности, но и внес большую ясность в ее математический аппарат.

¹ Г. Минковский. Пространство и время.— «Принцип относительности», стр. 181 (нами уточнен русский перевод).

² Там же, стр. 192.

Тем не менее взгляд Минковского на теорию относительности не был воспринят физиками во всей его глубине. Точка зрения относительности, берущая всякое явление в отношении к той или иной системе отсчета, была более привычной, во-первых, потому, что такова реальная позиция экспериментатора, наблюдателя, а во-вторых, потому, что и теоретик рассматривает явления, пользуясь той или иной системой координат. Но был еще третий момент — позитивистская философия, принципиально придающая значение реальности лишь тому, что дано в непосредственном наблюдении; все же остальное, что содержится в теориях физики, трактуется не как изображение действительности, а как построение, только увязывающее данные наблюдений. С этой точки зрения четырехмерный мир Минковского есть не более как схема, не отражающая никакой реальности сверх той, которая уже выражена в исходном изложении теории относительности. Поэтому возражение Минковского против самого термина «постулат (теория) относительности» и его предложение заменить его термином «постулат абсолютного мира» представляется малообоснованным.

Таким образом, здесь определились два разных подхода к теории относительности. Первый подход Минковского, в основе которого лежит представление о пространстве-времени как реальной абсолютной форме существования материального мира. Второй подход чисто релятивистский; главное в нем — та или иная система отсчета. Понятно, что первый подход — материалистический и отвечает естественной логике предмета: его форма определяет ее относительные проявления. Второй же подход, когда он доводится до отказа придать значение реальности четырехмерному миру и четырехмерным величинам, оказывается позитивистским, отрицающим, что относительное есть лишь грань, проявление абсолютного. Первый подход соответствует объективной диалектике, второй — субъективизму, как они противопоставлены в приведенных выше словах Ленина.

Философские тенденции этих направлений прослеживаются очень ясно. Второе идет от Беркли к Маху, а влияние взглядов последнего сказалось на Эйнштейне, что он, как известно, признавал сам. Можно сослаться на статью Р. Дикке, который, приводя цитаты из Беркли, Маха и Эйнштейна, указывает на эту связь¹. В цитатах речь идет не о берклианстве и махизме в прямом философском смысле, а лишь об относительности движения. В самом понимании относительности движения нет ни берклианства, ни махизма, но Беркли был достаточно последовательным философом для того, чтобы его взгляды на движение отвечали его общей философской установке: «Существовать —

¹ См. Р. Дикке. Многоликий Мах.— «Гравитация и относительность». М., 1965, стр. 222—223.

значит быть воспринимаемым». Таким образом, релятивизм, отворачивающийся от абсолютного, восходит к Беркли и продолжает в физике его линию.

Главная цель, которую преследовал В. И. Ленин в книге «Материализм и эмпириокритицизм», состояла именно в том, чтобы, во-первых, доказать, что современные ему формы субъективистской философии, будь то махизм или иной ее оттенок, представляют лишь некоторое продолжение линии Беркли, и, во-вторых, разъяснить позиции диалектического материализма и отстоять их против всяких попыток соединения с какими бы то ни было оттенками субъективистской философии. Поэтому книга Ленина имеет прямое отношение к двум указанным тенденциям в трактовке теории относительности. За этими тенденциями в физике стоят тенденции философские.

Конечно, релятивистская точка зрения математически эквивалентна точке зрения «абсолютного мира» подобно тому, как, скажем, формулировка законов механики Ньютона в координатах эквивалентна их векторной формулировке. Минковский не создал никакой новой теории, он дал лишь более глубокое понимание теории Эйнштейна. Однако от понимания того, что является главным и основным, зависит направление мысли не только в решении задач самой теории, но в поисках и понимании ее возможных применений и обобщений. Различие двух точек зрения и сказалось существенно при переходе к общей теории относительности и повело к дискуссии, которая не закончилась до сих пор. Ошибки в понимании теории, доходящие порой до потери из виду совершенно очевидных и бесспорных вещей, происходили главным образом от неумения видеть реальную диалектику относительного и абсолютного. Если та или другая школа физиков скатывается к реакционной философии, то прежде всего именно потому, что физики не знают диалектики. Физика рождала диалектический материализм, но роды были болезненными. Словом, дело шло так, как и говорил Ленин. Мы сейчас убедимся в этом, обратившись к общей теории относительности и разным точкам зрения на нее.

Общая теория относительности

При всех успехах теории относительности гравитация не поддалась включению в эту теорию, несмотря на то что еще Пуанкаре в его первой работе, в которой он параллельно с Эйнштейном развил теорию относительности, предпринял такую попытку, которую затем повторил Минковский и др. Понадобилось десять лет, пока проблема не была решена Эйнштейном путем обобщения теории относительности, которая стала называться частной в отличие от новой — общей. Общая теория отно-

сительности есть теория пространства-времени, объясняющая гравитацию через зависимость его структуры от распределения и движения масс материи.

В частной теории относительности пространство-время «плоское», оно однородно и изотропно. Все пространственно-временные отношения и свойства, а по принципу относительности и вообще все законы физики инвариантны относительно преобразований Лоренца. Но в общей теории относительности это остается верным лишь приближенно и в малых областях; в целом же пространство-время не однородно и не изотропно и принцип относительности не выполняется. Отличие структуры пространства-времени от «плоского» пространства-времени частной теории определяется распределением и движением масс материи. А эта структура определяет в свою очередь движение масс как бы под влиянием сил тяготения, т. е. массы материи, определяя структуру пространства-времени, определяют через это и свое собственное движение. Поле тяготения не есть, собственно, некое силовое поле, а представляет собой не что иное, как отличие структуры пространства-времени от плоской метрики — поле тензора кривизны. Так как структура пространства-времени явно зависит от распределения масс материи, то можно сказать, что сама эта структура не является абсолютной, а в этом смысле и само пространство-время не совсем абсолютно. Разделение же пространства и времени делается еще более относительным и в больших масштабах может оказываться даже невозможным в точном и однозначном смысле. Абсолютным является лишь материальный мир в целом, а все его формы, явления и прочее так или иначе относительны. И прав был В. И. Ленин, когда подчеркивал, что диалектический материализм не признает никаких абсолютов, кроме того, что существует материальный мир и что мы отражаем его в своем сознании, восходящем от одной относительной истины к другой, и так постигая в этом движении все большую долю объективной абсолютной истины.

При построении теории тяготения существенной трудностью, какую пришлось преодолеть, явился вопрос о выборе систем отсчета, систем пространственно-временных координат. В частной теории имелись преимущественные системы — инерциальные; в них законы природы представляются наиболее просто: в их формулировки не входят никакие величины, специально характеризующие эти системы. Эти системы естественно связаны с самой структурой плоского пространства-времени подобно тому, как естественно связаны со свойствами евклидовой плоскости обычные прямоугольные координаты.

Отказ от плоского пространства-времени влечет то неприятное следствие, что само понятие инерциальной системы

теряет смысл, сохраняя его лишь для малых областей в первом приближении, тем более что структура пространства-времени не представляется заранее фиксированной и потому заранее нельзя указать основания, по которым надо было бы предпочесть одни координаты другим. Следовательно, нужно было просто исходить из любых координат, не приписывая заранее никакого преимущества одним из них перед другими. Иначе говоря, все вообще системы координат надо было признать априори равноправными и выражать пространственно-временные соотношения и вообще законы физики в любых координатах. Так как общая форма уравнений, в которой они годятся для любых координат, называется ковариантной, то высказанное требование называется принципом ковариантности. Только апостериори, когда та или иная структура пространства-времени фиксирована в достаточной степени, делается осмысленным выбор системы координат, соответствующей этой структуре возможно лучшим образом.

Такая ситуация встретилась впервые еще в классической механике, когда Лагранж формулировал законы механики системы материальных точек не в прямоугольных координатах этих точек, а в «обобщенных координатах», выбираемых так, чтобы заранее учесть наложенные на систему связи. В геометрии произвольные координаты появились в работе Гаусса, в которой он развил учение о геометрии на любой кривой поверхности, вводя на такой поверхности произвольные координаты. При этом все уравнения записывались в виде, годном для любых координат, т. е. в ковариантной форме. Преимущественные же координаты могут определяться в зависимости от свойств поверхности и характера рассматриваемой фигуры.

Таким образом, в выборе произвольных координат и требовании ковариантности в принципе нет ничего нового и нет никакого физического содержания. Координаты в любом пространстве можно в принципе выбирать любым образом. Преимущества одних координат перед другими выясняются лишь в связи с конкретной ситуацией, к описанию которой они применяются.

Однако при построении общей теории относительности переход к произвольным координатам показался столь революционным, что ему был придан ранг особого принципа, названного общим принципом относительности. Принцип этот формулировался как принцип равноправности всех систем отсчета независимо от движения тел, с какими эти системы связаны. В частности, утверждалась равноправность систем Птолемея и Коперника. Более того, стали даже утверждать порой, что главная задача, которую решала общая теория относительности, состояла не в том, чтобы дать теорию тяготения, согла-

сованную с теорией относительности, как это было на самом деле, а в том, чтобы формулировать законы физики в виде, годном для произвольной системы координат, т. е. в ковариантной форме¹.

Но вскоре после появления основной работы Эйнштейна по общей теории относительности Кречман обратил внимание на то, что «общий принцип относительности» вовсе не является физическим принципом или законом, а представляет собой лишь требование писать уравнения в ковариантной форме, в чем, как уже было сказано, не было ничего нового. После того как Минковский дал четырехмерную формулировку законов релятивистской кинематики, механики и электродинамики, задача написания уравнений, выражающих эти законы в любых координатах, свелась к простым формальным преобразованиям. Любые координаты применимы во всякой теории, будь то классическая механика, частная теория относительности или любая другая, и вопрос о написании уравнений в ковариантной форме есть вопрос чисто математический.

Эйнштейн согласился с замечанием Кречмана. Но тем не менее убеждение в особом значении общего принципа относительности осталось. Казалось бы, для дискуссии не было и нет никаких оснований, но дискуссия все же шла. Шел, в частности, спор о том, равноправны системы Птолемея и Коперника или нет, хотя, казалось бы, этот спор уже давно решен опытом. Понятно — и это понимал еще Птолемей! — что можно описывать движение светил в разных системах координат. Мы всегда описываем это движение относительно самих себя, говоря о восходе Солнца, о том, что, скажем, Луна высоко стоит на небе, и пр. и пр. Словом, это абсолютно тривиально.

Вместе с тем опыт показывает, что законы физики различны в отношении геоцентрической и гелиоцентрической систем отсчета; при применении первой системы в эти законы входит скорость вращения Земли. Соответственно этому явления одного и того же рода протекают в отношении этой системы иначе. Это обнаруживается на Земле, в размывании правых берегов рек в северном полушарии, во вращении маятника Фуко и в других эффектах. Стало быть, обе системы применимы, но не равноправны в том смысле, в каком равноправны инерциальные системы (в пределах точности классической механики или частной теории относительности). В инерциальных системах законы физики не содержат величин, различающих сами эти системы, а в геоцентрической системе такая величина (угловая скорость) появляется, и соответственно в отношении этой системы явления протекают иначе. Если внутри самолета нельзя обнаружить влияние его равномерного

¹ См., например, А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Эволюция физики. М., 1965.

полета, то на самой Земле внутри запертой комнаты можно обнаружить влияние вращения Земли.

Сопоставим в общем виде принцип ковариантности и принцип относительности. Первый состоит в требовании выражать законы уравнениями в форме, годной для любых координат. Это достигается тем, что в уравнения явно входят величины, характеризующие ту или иную систему координат. Например, если мы пользуемся косоугольными координатами на плоскости, то в формулы входит угол между координатными осями. Когда какое-либо уравнение написано в каких-нибудь данных координатах, то получить его ковариантную форму просто. Достаточно вместо данных координат ввести произвольные функции любых других координат и соответственно преобразовать другие величины, входящие в уравнение, если эти величины вообще зависят от системы координат (как, скажем, соответствующие векторы). Речь идет, следовательно, о чисто математической операции. Понятно, что так как полученные уравнения содержат произвольные функции, то они не являются конкретно определенными. Выбор этих функций и определяет выбор той или иной координатной системы и соответственно конкретный вид уравнения. Так как конкретный вид уравнения изменяется соответственно преобразованию координат, то общая форма уравнения, годная для любых координат, и называется ковариантной — сопрягающейся.

Если координатные системы реализуются физически, то зависимость конкретного уравнения от координатной системы обозначает, что закон протекания явления в отношении этой системы зависит от нее. Так, в уравнения, отнесенные к вращающейся системе, входит ее угловая скорость и явления зависят от этой скорости. Принцип относительности физически состоит в том, что явления в отношении тех или иных систем протекают по одинаковым законам. Математические выражения этих законов не содержат, следовательно, величин, различающих эти системы. При переходе от одной системы к другой уравнения не изменяются вовсе, т. е. они *инвариантны*, а не просто ковариантны относительно преобразований координат от одной из рассматриваемых систем к другой. Принцип относительности теории Эйнштейна и выражается математически в требовании инвариантности преобразований Лоренца. Таким образом, принцип ковариантности и принцип относительности совершенно разные вещи. Первый из них касается чисто математического требования, второй отражает закон природы, заключающийся в свойстве однородности, благодаря которому в разных системах явления протекают одинаково.

В общей теории относительности принцип относительности или Лоренц-инвариантности верен лишь приближенно и ло-

кально, и из-за неоднородности пространства-времени, вообще говоря, нет таких преобразований, при которых уравнения физики оставались бы инвариантными. В них всегда входят величины, характеризующие структуру пространства-времени и одновременно — систему координат (составляющие метрического тензора g_{ik}). Трудность, между прочим, в том и состоит, что эти величины одновременно выражают две разные вещи: структуру пространства-времени, т. е. нечто «абсолютное», не зависящее от системы координат, и свойства самой системы координат, т. е. нечто относительное. Разделить это в рамках обычно применяемого в теории Эйнштейна математического аппарата невозможно.

Но так как сама структура пространства-времени оказывается переменной, то ее можно считать своего рода физическим полем. В отвлечении от нее пространство-время остается лишь четырехмерным пространством, не наделенным никакой метрикой, никакими свойствами, помимо непрерывности (и «дифференцируемости»: оно оказывается дифференцируемым четырехмерным многообразием). При такой точке зрения *любые координатные системы оказываются равноправными просто потому, что заранее исключается всякое возможное основание для их различения*. Общий принцип относительности выполняется, но по тривиальной причине отвлечения от всяких специальных свойств пространства-времени. Вместе с этим теряет смысл и понятие об ускоренном или неускоренном движении, потому что для определения ускорения нужна какая-то мера, а ее в пространстве без метрики просто нет. Поэтому говорить здесь о равноправности различно движущихся систем отсчета бессмысленно, так как непонятно, что значит само понятие о их движении. Ведь когда нет никакой структуры, то нет никакого понятия о том, что такое время. Движение точки изображается просто некоторой линией в четырехмерном многообразии, а одна линия ничем не хуже и ничем не лучше другой, раз нет никаких оснований различать их свойства.

Таким образом, тут всякая физика исчезает; от нее остается лишь одно: пространство-время есть вообще четырехмерное многообразие. Но это верно и в частной теории относительности, и в классической механике, так же как в общей теории относительности. «Общий принцип относительности» верен во всех этих теориях. Он не выражает ничего большего, как то же требование ковариантности, так как оно и состоит в том, чтобы уравнения писались в виде, годном для любых координат.

Специфика общей теории относительности выявляется только тогда, когда в рассмотрение вводятся структура, метрика пространства-времени. Неоднородность этой структуры и

есть особая черта этой теории. Словом, суть ее не в «общем принципе относительности», не в произволе выбора систем координат, а в особых предположениях о структуре пространства-времени. Короче, суть не в относительности, а в абсолютном — в свойствах пространства-времени независимо от систем отсчета и координат.

Еще об общей теории относительности

Несмотря на то что все сказанное выше касается твердо установленных фактов или чисто математических выводов, спор об общем принципе относительности тянется вот уже более пятидесяти лет и только теперь приближается, по-видимому, к благополучному завершению¹. Этот спор отражает противоположность тех двух точек зрения на сущность теории относительности, которые были изложены выше. Одна — релятивистская, берущая всякое явление, и в частности пространственно-временные отношения и свойства, лишь в отношении к той или иной системе отсчета, так что для нее любое движение только относительно. Вторая — это точка зрения, исходящая от Минковского и принимающая за основное само пространство-время, сами процессы в их собственной пространственно-временной, четырехмерной форме, так что для нее отнесение явлений к той или иной системе отсчета есть нечто вторичное. Движение же тела понимается как способ его существования — его четырехмерная, пространственно-временная траектория — и потому тоже является абсолютным. Только «проекции» его в разных системах отсчета относительны. Например, движение по инерции, свободное падение в поле тяжести, представляется геодезической линией в четырехмерном пространстве-времени, т. е. линией, кривизна которой равна нулю. Движение же с ускорением изображается линией с отличной от нуля кривизной. Кривизна есть величина безотносительная, она характеризует саму эту линию независимо от каких бы то ни было систем координат. Поэтому нет ничего удивительного в том, что в системах, движущихся с ускорением, процессы протекают иначе, и свя-

¹ Р. Фейнман в книге «Характер физических законов» (М., 1968, стр. 100—101) пишет: «Многие указывают на то, что на самом деле Земля вращается относительно галактик, и говорят, что если бы мы поворачивали галактики вместе с Землей, то законы не изменились бы (в сравнении с теми, какие имеют место в инерциальных системах.— А. А.). Ну, я лично не знаю, что произошло бы, если бы мы могли поворачивать всю Вселенную... Нельзя утверждать, что всякое движение относительно. Не в этом содержание принципа относительности».

занные с такими системами координаты неравноправны с теми, какие связаны с телами, движущимися по инерции. Движение не только относительно, оно также и абсолютно. Оно есть, можно сказать, отношение данного тела не только к отдельно выделенным другим телам, но и ко всей структуре пространства-времени. Попросту говоря, утверждение об относительности всякого движения не более осмысленно, чем утверждение об относительности линий на плоскости: что дуга окружности, что отрезок прямой — все равно. (Но конечно, абсолютное различие дуги и отрезка само определяется их отношением к структуре плоскости, само различие между релятивным и абсолютным относительно.)

Релятивистская точка зрения, как уже говорилось, восходит своими истоками к Беркли, который писал, например, следующее: «Если любое положение относительно, то относительно и любое движение, которое, будучи именно движением, можно представить, лишь определив его направление, а последнее в свою очередь имеет смысл лишь относительно нашего или какого-нибудь другого тела». И дальше: «Пусть у нас имеются две сферы и, кроме них, не существует ничего материального. Тогда никак нельзя представить себе вращения этих двух сфер вокруг их общего центра. Но допустим, что внезапно создано небо с неподвижными звездами в нем, тогда мы сразу же сможем представить себе движение сфер, определяя мысленно их положение относительно различных участков неба»¹.

Однако суждение Беркли представляет собой логическую бессмыслицу. В самом деле, если кроме двух сфер действительно «не существует *ничего* материального», то не существует никакой связи между этими сферами, не существует даже пространства вне этих сфер. Ибо что такое пространство, которое *абсолютно* пусто и в котором невозможно поэтому различить разные места? Поэтому говорить о каком-то движении воображаемых здесь сфер в абсолютной пустоте логически бессмысленно. Когда же «созданы» звезды, то определение движения возможно не просто потому, что есть звезды, а потому, что есть свет, который только и позволяет нам установить связь между двумя данными сферами и звездами².

¹ Цит. по кн.: «Гравитация и относительность», стр. 222.

² Аналогичную ошибку допустил сам Эйнштейн, когда обсуждал относительное вращение двух тел вокруг оси, проходящей через их центр (см. А. Эйнштейн. Основы общей теории относительности.— «Принципы относительности», стр. 232—235). Он упустил из виду, что само суждение о вращении одного тела относительно другого возможно лишь тогда, когда между телами есть материальная связь. Наблюдатель на одном теле видит другое тело потому, что есть свет. Таким образом, предполагается наличие поля излучения. А тогда вращение тела определяется и относительно этого поля. Поэтому для различения, какое из двух тел

Пространство (пространство-время) не пусто, оно заполнено излучением и другими полями, и только поэтому возможно суждение о движении. Когда говорят о пустом пространстве, то сохраняют в мысли, что в нем есть разные места, что оно состоит из точек. Но что значит: данная точка *A* и другая точка *B*, если эти точки ничем, буквально ничем, не различаются? Следовательно, само «пустое пространство» есть не более как абстрактный образ «заполненного пространства», в котором удерживается в понятии лишь то, что точки в нем как-то различаются. Это различие и есть последний след материи, а если и он исчез, то точки перестают различаться, понятие о точках *A* и *B* пропадает, а вместе с ним исчезает и само пространство. В математике пространство определяется как множество элементов, называемых точками, а не как некая абсолютная пустота.

Но если мы учитываем, что пространство (пространство-время) заполнено материей, что оно, собственно, и есть не что иное, как форма существования материи, общая структура связей ее элементов, то и движение тела в пространстве есть его «место» в этой структуре. Оно есть четырехмерная траектория и потому так же абсолютно, как «абсолютна» линия на плоскости. Тот факт, что есть равные линии, которые можно совмещать, или что данная линия изображается в разных координатах разными уравнениями, не меняет того, что линия все же существует как некоторый определенный объект. Столь же определенным является и движение отдельного тела в пространстве-времени, которое существует, как существует и само тело. Ведь нет «мгновенных» тел, как объяснил еще до теории относительности Уэллс в своей «Машине времени». Тело протяженно и в пространстве, и во времени, оно есть пространственно-временной объект. Его временная протяженность и есть, можно сказать, его движение. В разных отношениях, в разных системах это движение может выглядеть различно: то ли как равномерное относительно данной системы, то ли как ускоренное относительно другой системы, подобно тому как в прямоугольных координатах окружность представляется квадратичным уравнением, а в полярных с центром в центре окружности — линейным.

Таким образом, релятивизм преувеличивает значение относительности, отрывает ее от абсолютного, от материи и потому приходит к ошибкам. Как не вспомнить в этой связи глубокое суждение В. И. Ленина о том, что «с точки зрения диалектического материализма философский идеализм есть *одностороннее*,

вращается «на самом деле», а не только относительно другого, не нужно обращаться к тем же звездам Беркли или удаленным массам Маха. Если же мы исключаем поле излучения, то исключаем и понятие вращения одного тела относительно другого!

преувеличенное... развитие (раздувание, распухание) одной из черточек, сторон, граней познания в абсолюте, *оторванный* от материи, от природы...»¹. Релятивизм в физике сам по себе не есть еще идеализм. Он есть только одностороннее преувеличение относительности, открытой теорией Эйнштейна; он отрывает относительное от материи, например, там, где забывает об излучении, заполняющем пространство и только дающем основание для суждения о взаимном движении тел. (Конечно, помимо излучения связь тел может устанавливаться иными полями или «перебрасыванием» частиц.) Но релятивизм в физике связан с берклианством и сам есть путь к берклианству, если следовать ему слишком далеко, чего, конечно, ни один физик не мог сделать, оставаясь все же физиком, т. е. человеком, занимающимся исследованием природы, а не своих собственных восприятий. Можно сказать, что само знаменитое определение Беркли: «Существовать — значит быть воспринимаемым» — подразумевает наличие света, по которому и воспринимается отдаленный предмет. Иначе нет предмета, а только восприятие, и мы приходим к солипсизму.

Из специалистов по теории относительности особенно настойчиво и последовательно выступал против релятивизма В. А. Фок. Как видно из приведенных в начале нашей статьи слов В. А. Фока, на формирование его точки зрения оказала влияние книга В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». В качестве свидетельства резкого расхождения в понимании общей теории относительности физиками приведем слова Дж. Синга, сказанные им в предисловии к обширному трактату по общей теории относительности, написанному в 1960 г. «...Геометрический способ рассмотрения пространства-времени,— писал он,— восходит непосредственно к Минковскому. Он протестовал против употребления слова «относительность» в применении к теории, основанной на «абсолютном» (пространство-время), и я уверен, что если бы он дождался до создания общей теории относительности, то повторил бы свой протест даже в более сильных выражениях. Однако нам незачем беспокоиться по поводу названия, ибо слово «относительность» означает теперь прежде всего теорию Эйнштейна и лишь во вторую очередь ту туманную философию, которая, может быть, первоначально применила это слово. Именно затем, чтобы поддержать взгляды Минковского на принцип относительности, я, как видно, становлюсь на трудный путь миссионера. Когда во время дискуссий о релятивизме я пытаюсь сделать вещи более ясными с помощью пространственно-временной схемы, другие участники дискуссии смотрят на это с вежливой отрешенностью и после паузы смущения, словно они были свидетелями детской бестактности, возобновляют спор, опираясь

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

па свои собственные понятия. Возможно, они имеют в виду Принцип эквивалентности. Если так, то наступает моя очередь вежливо не понимать, о чем идет речь, ибо я никогда не был в состоянии понять этот Принцип... Может быть, он значит, что эффекты гравитационного поля неотличимы от эффектов ускорения наблюдателя? Если так, то это неверно. В теории Эйнштейна в зависимости от того, отличен от нуля тензор Римана или равен нулю, гравитационное поле присутствует или отсутствует. Это свойство абсолютно; оно никак не связано с мировой линией какого-то наблюдателя. Пространство-время либо плоско, либо искривлено... Принцип эквивалентности выполнил важные обязанности повивальной бабки при рождении общей теории относительности, но, как заметил Эйнштейн, младенец никогда не вырос бы из пеленок, если бы не идея Минковского. Я предлагаю похоронить повивальную бабушку с соответствующими почестями и посмотреть прямо в лицо фактам абсолютного пространства-времени»¹.

По поводу принципа эквивалентности дадим следующее пояснение. Исчезновение сил тяготения в свободно падающей системе было одним из отправных пунктов теории Эйнштейна. Но когда уже предположено, что пространство-время плоское в бесконечно малом, то принцип эквивалентности, как возможность исключения сил тяготения, оказывается просто физическим выражением давно известной теоремы римановой геометрии. Поэтому в самой теории Эйнштейна это представляет собой некий «принцип», не более чем любая другая теорема геометрии. Итак, релятивизм оказывается связанным с недостаточным пониманием даже простых математических фактов, причем такие ошибки встречаются даже у выдающихся авторов.

Уточним еще понятие о принципе относительности. Физический закон определяет связь некоторых характеристик каких-либо явлений или одного явления. Простоты ради будем представлять себе, что речь идет о двух характеристиках или системах характеристик, которые мы обозначим x и y . Тогда закон представляется в виде зависимости $F(x, y) = 0$. Однако это не совсем точно, потому что нужно учесть условия, в которых такая зависимость обнаруживается. Поэтому, обозначая комплекс таких условий через A , мы должны написать символическое уравнение, выражающее данный закон, в следующем виде:

$$F(x, y; A) = 0. \quad (1)$$

¹ Дж. Л. Синг. Общая теория относительности. М., 1963, стр. 8—9. Другое свидетельство полемики и неспособности выдающихся физиков оторваться от релятивизма можно найти в воспоминаниях Л. Инфельда и в моем ответе ему; см. Л. Инфельд. Страницы автобиографии физика.— «Новый мир», 1965, № 9; А. Д. Александров. Истина и заблуждение.— «Вопросы философии», 1967, № 4, стр. 76.

Далее мы анализируем сами условия. Во-первых, в них можно выделить «фон» — неизменные условия, которые обычно лишь подразумеваются. Обозначим их через B . Это может быть вообще пространство-время или, например, в данном месте Земли ее поле тяготения и т. п. Во-вторых, в условиях выделена та система S , относительно которой фиксируются явления и определяются сами характеристики x, y . Явления могут пониматься как происходящие в системе S . С ней связывается система пространственно-временных координат, и она выступает как система отсчета. В-третьих, есть еще условия в самой системе C , которые определяются по отношению к ней и могут изменяться, определяя конкретное течение явления. Таким образом, весь комплекс условий представляется как $A = (B, S, C)$ и соответственно уравнение (1) записывается в виде

$$F(x, y; B, S, C) = 0. \quad (2)$$

Если для некоторого класса систем S выражаемая здесь зависимость одинакова во всех таких системах, то S в (2) не входит и закон имеет вид

$$F(x, y; B, C) = 0. \quad (3)$$

В этом случае закон от системы S не зависит и уравнение инвариантно относительно перехода от одной системы к другой. Если это имеет место для некоторого класса явлений P и систем S , то говорится, что для этих явлений и систем выполняется принцип относительности. Так, классический принцип Галилея относится к механическим явлениям и инерциальным системам.

Однако само различение фона B , системы S и условий C относительно и до некоторой степени условно. Можно вообще всегда включать систему в условия C : явление протекает на фоне B в условиях C , включая и то, что оно протекает в системе S . При такой точке зрения общее уравнение (2) приобретает вид (1), так как S включено в C , и получается, что тут выполняется принцип относительности. Но это так лишь по той тривиальной причине, что сами системы включаются в переменные условия C .

Если мы ограничиваемся частной теорией относительности, то метрика пространства-времени фиксирована. Ее неестественно поэтому включать в переменные условия C : она является постоянным фоном и ее, естественно, туда и включают. Совершенно то же верно в классической теории; разница лишь в том, что фон, согласно этой теории, другой — не пространство-время Минковского, а евклидово пространство в соединении с абсолютным временем.

Но в общей теории относительности метрика не является уже неизменной, она зависит от физических условий. Поэтому включать ее в фон при общих построениях теории невозможно.

С другой стороны, когда условия фиксированы, то и метрика фиксирована. В этом случае ее естественно включать в данный фон. Например, вблизи Земли можно считать поле тяготения и соответственно структуру пространства-времени фиксированными и ввести координаты, естественно связанные с Землей; при рассмотрении Солнечной системы естественными будут координаты, связанные с Солнцем; при рассмотрении модели Вселенной с равномерным распределением масс преимущественными оказываются совсем другие координаты. Словом, в зависимости от условий и, соответственно, от определяемой ими конкретной структуры пространства-времени оказываются преимущественными те или иные координаты. Насколько такие специальные координаты могут быть произвольными и, следовательно, насколько, хотя бы с некоторым приближением, выполняется для них принцип относительности, опять-таки зависит от условий и от того, что при наших рассмотрениях мы учитываем и чем пренебрегаем.

Относительность относительна — в этом, коротко говоря, суть дела. Все в мире в той или иной мере относительно. Но само относительное есть сторона, грань абсолютного и содержит в себе абсолютное, как, скажем, принцип относительности выражает некоторое безотносительное свойство мира — однородность его структуры, хотя бы в малых областях и приближенно. Суть в этой диалектике относительного и абсолютного. Без ее понимания невозможно достаточно глубоко понять ни теорию относительности, ни современную физику вообще. Толкования теории относительности «свихивались в идеализм» или просто в ошибки именно потому, что ее толкователи не владели диалектикой. Другие толкователи отшатывались от намека на идеализм и, также не понимая диалектики, старались вовсе избавиться от всякой относительности или вернуться к старым представлениям о пространстве и времени, как это делал, например, Яноши.

Так мы убеждаемся, что общие идеи В. И. Ленина, касающиеся диалектики, имеют для понимания физики существенное, реальное значение.

Что такое пространство-время?

Вопрос, поставленный в заглавии, может показаться праздным, потому что ответ на него уже был сформулирован: пространство-время есть форма существования материи. Однако вопрос, который мы, собственно, имеем в виду, состоит в том, как точно определить эту форму существования материи. Ответ нужен не на общефилософском уровне, а на таком, какой давал бы почву для построения теории пространства-времени. Ответ должен, понятно, заключаться в теории относительности, так как она

и является теорией пространства-времени, по ответ этот пужно еще из нее извлечь.

Форма предмета есть, собственно, не что иное, как совокупность отношений его частей. Поэтому речь идет о тех материальных связях элементов мира, которые в своей совокупности и определяют пространство-время.

Простейший элемент мира — это то, что называется событием. Это — «точечное» явление вроде мгновенной вспышки точечной лампы или, пользуясь наглядными понятиями о пространстве и времени, это явление, протяжением которого в пространстве и во времени можно пренебречь. Словом, событие аналогично точке в геометрии, и, подражая определению точки, данному Эвклидом, можно сказать, что событие — это явление, часть которого есть ничто, оно есть «атомарное» явление. Всякое явление, всякий процесс представляется как некоторая связанная совокупность событий. С этой точки зрения весь мир рассматривается как множество событий.

Отвлекаясь от всех свойств события, кроме того, что оно существует, мы представляем его как точку, «мировую точку». Пространство-время и есть множество всех мировых точек. Однако в таком понятии пространство-время не обладает еще никакой структурой — оно просто совокупность событий, в которых удерживается лишь один факт их существования как разных событий, в отвлечении от всех прочих свойств и без всяких пока отношений между ними. Можно ввести понятие о непрерывности ряда событий, заимствуя его из наглядного представления или давая ему какое-либо подходящее определение. Тогда пространство-время окажется просто четырехмерным многообразием в смысле топологии. Пространство-время, т. е. множество событий без всяких конкретных свойств, без всякой структуры, кроме той, которая определяется отношениями непрерывности, и есть тот фон, который фигурировал при рассмотрении общей теории относительности. Но мы не останавливаемся на этом и определяем структуру и саму непрерывность пространства-времени, исходя из самого общего и основного отношения событий, какое имеется в мире. Мы имеем в виду движение материи.

Каждое событие так или иначе воздействует на некоторые другие события и само подвержено воздействиям других событий. Вообще воздействие и есть движение, связывающее одно событие с другим через ряд промежуточных событий. Физическая природа воздействия может быть весьма разнообразной; мы можем представлять его как распространение света, вылет частицы и т. п. Понятно, что оно не обязано быть непосредственным, а может идти через ряд агентов. Само движение малого тела представляет ряд событий, в котором предыдущие события воздействуют на последующие. В понятиях физики воздейст-

вие можно определить как передачу импульса и энергии. Эти понятия представляются тогда первоначальными, что отвечает существу дела, так как импульс-энергия есть основная физическая характеристика движения и воздействия. Но, отвлекаясь в самих событиях от их конкретных свойств, мы отвлекаемся и в понятии воздействия от его конкретных свойств, кроме того, что оно есть отношение между событиями, обладающее свойствами общего отношения предшествования (антисимметричностью и транзитивностью). Если мыслить аксиоматическое построение теории пространства-времени, то понятия события — мировой точки и воздействия — предшествования берутся как исходные и не подлежащие определению. Те события, которые подвергаются воздействию данного события A , образуют «область воздействия события A ». Такие области определяют в множестве всех событий некоторую структуру. Она равносильна, конечно, той структуре, которая определяется самими отношениями воздействия. Эта структура и есть пространственно-временная структура мира. Иначе говоря, само пространство-время можно определить следующим образом.

Пространство-время есть множество всех событий в мире, отвлеченное от всех его свойств, кроме тех, которые определяются отношениями воздействия одних событий на другие.

Воздействие одного события на другое есть элементарная форма причинной связи, как бы ее «атом» или «квант», точно так же само событие есть «атомарное» явление. Поэтому только что сказанное можно выразить хотя и не менее точно, но более выразительно в следующих словах: *пространственно-временная структура мира есть не что иное, как его причинно-следственная структура, взятая лишь в соответствующей абстракции.* Эта абстракция состоит в отвлечении от всех свойств явлений и их причинных связей, кроме того, что явления слагаются из событий, а их взаимные влияния — из воздействий одних событий на другие.

То, что высказанное определение пространства-времени действительно возможно в рамках теории относительности, доказывается чисто математически¹. Отношения воздействия без привлечения каких-либо свойств (даже непрерывности) действительно определяют в частной теории относительности четырехмерное пространство Минковского. Пространство-время общей теории относительности требует для своего определения еще некоторого дополнения, которое можно сформулировать как локальную фиксацию некоторых масштабов (пар бесконечно близких событий, которым приписывается определенная величина интервала между ними).

¹ A. D. Alexandrov. A Contribution to Chronogeometry.— «Canadian Journal of Mathematics», 1967, vol. XIX, N 06, p. 1119—1128.

Данное определение пространства-времени представляет собой не что иное, как соответствующее современной физике конкретное и точное выражение того, что пространство-время есть форма существования материи. Сама материя в ее движении и тем самым во взаимодействии ее элементов и определяет свою пространственно-временную форму. Такое определение невозможно в рамках представлений классической физики. Там считалось, что воздействия могут передаваться с произвольной скоростью. Поэтому область возможного воздействия данного события простирается, принципиально говоря, на все события, следующие за ним во времени. В результате отношение воздействия не определяет ничего, кроме простой последовательности во времени. Этому и отвечают классические понятия об абсолютной последовательности во времени и абсолютной одновременности. Что же касается количественного определения времени t и геометрии пространства, то они должны определяться чем-то другим. Более того, вообще не известно никакое определение времени и пространства, которое отвечало бы представлениям классической физики и было бы столь же кратко и точно, как данное нами определение пространства-времени. Уже сам факт возможности такого определения представляет громадное преимущество теории относительности и показывает, насколько глубоко она проникла в понимание фундаментальных форм мира.

Система отношений воздействия, определяя пространство-время, определяет тем самым все возможные относительные времена и все возможные относительные пространства с их геометрией. Естественно, что определение дается первоначально именно для пространства-времени, т. е. для абсолютной формы мира, а не отдельно для пространства и для времени, которые суть лишь относительные аспекты этой формы. Коротко и не вдаваясь в детальные пояснения, можно сказать, что пространство есть множество параллельных рядов событий, связанных воздействием. Точка пространства не есть ведь нечто элементарное — она определяется, просто говоря, рядом событий, протекающих в данном месте; точнее, само «данное место» и фиксируется этим рядом событий. Отношение между разными точками пространства — его геометрия, естественно, определяется структурой пространства-времени, т. е. отношениями воздействия. В свою очередь время в данном месте можно определить как ряд событий, фиксирующих это место, с условием, что мы отвлекаемся от всех свойств этих событий, кроме тех, какие определяются все теми же отношениями воздействия, но, конечно, не только внутри данного ряда событий, а всей совокупностью отношений воздействия, каким эти события подвергаются и какие они сами оказывают. Согласование же разных местных времен и тем самым какое-либо относительное время,

распространенное на весь мир, определяется далее опять-таки отношениями воздействия. (Кстати, можно заметить, что тут выясняется общее основание эйнштейновского определения одновременности. Доказывается, что всякое определение одновременности, подчиненное естественным требованиям симметричности и транзитивности и опирающееся только на отношения воздействия в их общей структуре, необходимо оказывается эквивалентным эйнштейновскому. Это, конечно, относится лишь к пространству-времени частной теории относительности, так как в общей теории эйнштейновское определение неприменимо.)

Данное нами определение пространства-времени может быть положено в основу построения теории относительности. Для этого необходимо, конечно, положить на структуру отношений воздействия, или, что равносильно, на структуру областей воздействия, соответствующие требования. Но мы не будем здесь на этом останавливаться.

Возвращаясь к тому, что говорилось в начале статьи, мы можем заметить, что в данном определении пространства-времени и указанном затем определении пространства с его геометрией содержится ответ на вопрос Римана о тех причинах, которые порождают метрические отношения в пространстве. Они заключены в самом существовании причинной связи явлений. Отношения воздействия, определяя структуру пространства-времени, определяют вместе с нею и геометрию — метрику пространства.

Так теория относительности ответила на глубочайшие вопросы, какие ставили ее предшественники о природе пространства и времени, об основании метрических свойств пространства, о связи свойств пространства и времени со свойствами самой материи, о природе всемирного тяготения и др. Но глубокое понимание самой этой теории и тех ответов, какие она дает на указанные вопросы, достигается, если руководствоваться теми общими идеями, которые развивал В. И. Ленин. Показать это и было нашей целью.

В. А. АМБАРЦУМЯН,
академик
В. В. КАЗЮТИНСКИЙ,
кандидат философских наук

ДИАЛЕКТИКА В СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИИ

В астрономии XX в. совершается грандиозная революция, быть может сравнимая по своему значению с коперниковской. Она вызвана открытием во Вселенной объектов качественно нового типа — активных ядер галактик, квазизвездных радиоисточников (квазаров) и др. Явления, происходящие в этих космических телах, оказались совершенно необычными и потребовали коренного пересмотра многих астрофизических, космогонических, космологических представлений и теорий, поставив также под сомнение универсальность известных сейчас фундаментальных законов физики. Не исключено, что изучение Вселенной уже в недалеком будущем приведет к новой революции во всей системе физического знания.

Огромную роль в понимании существа процессов, которые происходят в современной астрономии, сыграли идеи диалектического материализма, развитые В. И. Лениным в работах «Ма-

териализм и эмпириокритицизм» и «Философские тетради». Следуя этим идеям, науке удалось не только проанализировать сложнейшие философские проблемы, поставленные современной астрономией, но и выдвинуть ряд принципиально новых представлений о структуре и эволюции Вселенной.

О «диковинности» открытий астрономии XX в.

Как отметил В. И. Ленин, характерной чертой развития физики начала XX в. был переход от привычного к непривычному, «диковинному», невозможному с точки зрения так называемого здравого смысла. Та же самая особенность четко прослеживается и в современной астрономии.

До начала XX в. охваченная наблюдениями область Вселенной ограничивалась Солнечной системой и нашей звездной системой — Галактикой, строение которой было изучено лишь в ближайших окрестностях Солнца. Астрономы имели дело с объектами, известными по крайней мере уже три тысячи лет, — планетами, звездами, рассеянным газово-пылевым веществом. Основное внимание уделялось изучению пространственного распределения и движения этих объектов на основе классической, ньютоновской механики.

Гносеологические предпосылки, на которые опиралась астрономия того времени, состояли в следующем. Вне и независимо от сознания субъекта существует объективная реальность — материя; она отражается, копируется в научных понятиях и теориях, причем достижим классический идеал знания — адекватное, абсолютное знание объективной реальности в виде единственно возможной, а потому окончательной физической картины мира, основанной на ньютоновской механике. В рамках этой картины мира может быть построена наглядная механическая модель любого объекта, явления, процесса.

Считалось, что естествознание способно в принципе изучать «всю материю», т. е. «все существующее» в некоем абсолютном смысле. Именно так и формулировалась задача космологии, объект которой — Вселенная как целое — отождествлялся со всем материальным миром. Вселенная как целое считалась механической системой, безграничной в пространстве, бесконечной во времени и находящейся в неизменном, статическом состоянии.

Развитие современной астрономии показало, что простая и привычная картина Вселенной, созданная астрономией XVII—XIX вв., во многих отношениях является далекой от действительности. Это поставило ряд трудных гносеологических проблем. Создание релятивистской космологии с ее непривычны-

ми представлениями об искривленности пространства, которую нельзя представить себе наглядно, о нестационарности Вселенной, расширяющейся начиная с некоторого нулевого момента времени, когда Вселенная, согласно теории А. А. Фридмана, была стянута в точку, и т. д., могло казаться еще более «дикувинным», чем в свое время открытие разрушимости атома. Непривычным в глазах большинства астрономов был сам метод математической гипотезы, с помощью которого была построена теория «расширяющейся Вселенной». Этот метод направлен, как известно, на поиски математического «скелета» теории, которая лишь затем получает конкретную физическую интерпретацию.

В 1965 г. группа американских радиофизиков обнаружила так называемое реликтовое излучение, которое, возможно, возникло при взрывном образовании Метагалактики.

В астрофизике и космогонии наряду с созданием все более «изошренных» эмпирических средств изучения Вселенной возрастает роль средств теоретического исследования, в частности математики и теоретической физики. Далее, была осознана зависимость тех или иных конкретных выводов астрофизики и космогонии от существующей системы физического знания. Изменение физико-теоретических представлений, новые эмпирические данные лабораторной физики неизбежно приводили к пересмотру астрофизических и космогонических представлений, включая и такие, которые считались почти вечными истинами, требующими доработки лишь в деталях.

Необычными и «невозможными» для сторонников традиционных представлений были открытия в последние годы нестационарных (неустойчивых) объектов во Вселенной.

Резко нестационарными оказались некоторые фазы развития галактик. Например, в радиогалактиках происходят мощные процессы выделения энергии в результате взрывов в их ядрах. Открытие американскими астрономами А. Сэндиджем и К. Линдсом (1963) аналогичного взрыва в одной из ближайших галактик было настоящей сенсацией. Еще более грандиозное явление представляют квазизвездные радиоисточники (квазары), открытые в 1963 г. американскими астрономами М. Шмидтом, Дж. Гринстейном и Т. Мэтьюсом. При взрывах в ядрах галактик выделяется энергия порядка 10^{59} — 10^{60} эрг. Обнаружено также, что наряду с квазистойчивыми группами и скоплениями галактик существует множество резко нестационарных групп и скоплений галактик, которые, расширяясь, довольно быстро распадаются; они должны были возникнуть сравнительно недавно. Явление расширения звездных ассоциаций, некоторых групп и скоплений галактик позволило обнаружить важнейшую закономерность космогонических процессов: космические объекты — как звезды, так и галактики — в момент

образования получают большую кинетическую энергию, что и приводит во многих случаях к рассеянию соответствующих групп.

Эти открытия окончательно подорвали господствовавшую на протяжении многих веков догму о плавном и постепенном характере космической эволюции. Они привели к выводу, что идея «большого взрыва», давшего начало наблюдаемой нами Вселенной, является недостаточной и должна быть дополнена представлением о множестве взрывов, происходящих в разных местах и в разное время.

Особенности развития современной астрономии привели к попыткам истолковывать ее выводы в духе субъективного и объективного идеализма. Субъективно-идеалистические истолкования современной астрономии были порождены теми же гносеологическими причинами, которыми, как показал В. И. Ленин, было вызвано появление «физического» идеализма: 1) возрастанием роли математики в описании природы; 2) абсолютизацией принципа релятивизма, относительности нашего знания. А именно выдвигались следующие утверждения: раз математика, в частности метод математической гипотезы, позволяет установить существенные особенности астрономической картины Вселенной, значит, в процессе познания совершается «навязывание» субъектом природе ряда сложных математических закономерностей. А происходящая в астрономии смена различных представлений, гипотез и теорий свидетельствует, по мнению субъективных идеалистов, о том, что выводы астрономии не имеют отношения к объективной реальности. Иной была гносеологическая причина объективно-идеалистических спекуляций вокруг современной астрономии, которые основывались на неожиданности, «диковинности», ненаглядности новых представлений в астрономии. Этот факт пытались истолковать как доказательство сверхъестественной природы Вселенной. А наличие в теории «расширяющейся Вселенной» момента времени $t = 0$ рассматривали как бесспорное «научное доказательство» акта творения материального мира, который оказывается вторичным по отношению к «мировому духу».

Несостоятельность подобного рода «выводов» была раскрыта диалектическим материализмом — единственной философией, адекватной современному развитию наук о природе, в том числе и астрономии. Одно из основных гносеологических положений диалектического материализма заключается в том, что познание, носящее активный характер, отражает объективную реальность, причем в ходе развития науки достигается все большая точность, адекватность знания различным аспектам объективного мира.

Если говорить о роли математики в изучении Вселенной, то очевидно, что как раз все возрастающее многообразие от-

крываемых астрономией новых явлений и возникающая в связи с этим необходимость обобщения результатов астрономических наблюдений и вызывают потребность в применении все более мощного и сложного математического аппарата. Математическая теория любого явления, изучаемого астрономией, какой бы абстрактной она ни выглядела, в конечном счете представляет собой *обобщение* определенных эмпирических данных. Таким образом, математика в астрономии прежде всего орудие исследования реальных явлений.

Далее, ставя все более изощренные эксперименты и наблюдения, мы, конечно, как бы задаем природе все большее число вопросов, причем направленность этих вопросов зависит как от круга интересов субъекта, так и от существующей системы знания. Бесчисленное множество экспериментов ставится таким образом, чтобы ответить «да» или «нет» относительно предсказания той или иной теории. Несомненно, такая направленность вопросов природе должна оказывать известное влияние и на характер общих представлений о природе, составляемых на основе полученных ответов. Однако хорошо известно, что в процессе экспериментов и наблюдений природа со своей стороны ставит перед субъектом еще большее число вопросов, и подчас очень неожиданных. Например, астрофизик, изучающий строение отдаленных галактик, интересуется тем, из каких типов звезд, хорошо известных нам в нашей Галактике, они состоят. И вот при этих наблюдениях обнаруживаются вспышки сверхновых, и таким образом открывается не только новый тип звездного «населения», но и новые процессы освобождения гигантских количеств энергии в космосе, анализ физической природы которых является уже совершенно новой проблемой.

Бывает и так, что в ответ на довольно неопределенные наши вопросы природа отвечает другими, весьма определенными, но трудными вопросами. Так, когда астрономы стали вести с помощью радиотелескопов наблюдения монохроматических линий гидроксила для выяснения пространственного распределения молекул OH в межзвездном веществе, то с первых же шагов они столкнулись с крайне компактными источниками, испускающими радиоволны в тех же спектральных линиях, и таким образом неожиданно возник очень интересный и трудный вопрос о природе этих объектов. Именно те случаи, когда природа давала неожиданные для исследователя ответы или ставила сама еще более неожиданные вопросы, являлись наибольшим стимулом для научного прогресса.

Неожиданность, «дикивинность» важнейших открытий астрономии XX в. свидетельствует о несостоятельности субъективно-идеалистических истолкований ее результатов. О том же самом в сущности говорит и факт ненаглядности многих из

них. Ведь наглядность связана с особенностями и условиями познания человеком окружающего мира. Но сами изучаемые явления существуют независимо от нашего сознания и потому вовсе не обязаны протекать наглядно с нашей, человеческой точки зрения.

Но может быть, неожиданность и «диковинность» явлений, открытых современной астрономией, — свидетельство их «сверхъестественности»? Для ответа на этот вопрос достаточно вспомнить, что многие научные факты и теории могли в свое время казаться сверхъестественными и в конечном счете порожденными нематериальным фактором. Однако по мере развития естествознания объективным идеалистам приходилось переносить представления о подобного рода факторах на все новые и новые, относительно мало исследованные объекты познания — явления, использовавшиеся ранее для всевозможных мистических спекуляций, оказывались на самом деле подчиненными лишь естественным законам. Нет сомнения, что аналогичная участь ожидает также и всю современную аргументацию такого рода.

Что касается креационистских выводов, сделанных на основе теории «расширяющейся Вселенной», то они, разумеется, не имеют никакого отношения к физическому содержанию этой теории и вызваны отождествлением «Вселенной Фридмана» — Метагалактики — со «всей материей». Между тем объектом познания в науках о природе являются всегда лишь стороны, аспекты, фрагменты неисчерпаемого материального мира, выделяемые субъектом в процессе общественно-исторической практики. Правда, объект исследования естествознания в целом и каждой из естественных наук в частности все более расширяется, а наши знания о природе становятся все более адекватными ей, но это не меняет того факта, что в каждый данный момент естествознание имеет дело лишь с отдельными аспектами той части объективной реальности, которая выделена имеющимися в данный момент эмпирическими и теоретическими средствами. Космология в этом отношении не занимает какого-либо особого положения среди других естественных наук — «вся материя» (материальный мир как целое) не является сейчас и никогда не станет ее объектом. Неправомерна сама постановка такой проблемы.

Различные «модели Вселенной», теоретически конструируемые в космологии, — это в сущности модели систем, реализующих многообразие физических условий, явлений, взаимодействий, объектов и масштабов, допускаемых той или иной космологической теорией (т. е. «всего существующего» с точки зрения данной теории). Эти системы могут в принципе отождествляться не только с Метагалактикой, но и с физическими системами большего масштаба (или даже большего порядка),

включающими в себя в качестве своих частей как нашу, так, возможно, и другие, пока неизвестные нам, метагалактики.

Данные современной астрофизики не исключают предположения о существовании других метагалактик. Но пока мы ничего не знаем ни о них, ни о способах их связи и взаимодействия с нашей Метагалактикой. Тем не менее существование систем, включающих не один, а множество миров (и даже антимиров), предполагается сейчас в некоторых космологических теориях. Значит, говоря о Вселенной как об объекте космологии, мы не во всех случаях имеем в виду один и тот же физический объект. Моделям Вселенной, построенным на основе различных космологических теорий, могут соответствовать и разные «оригиналы».

Утверждения, что космология на каком-то этапе своего развития сможет подойти к описанию «физического аспекта» материального мира в целом (всего существующего в каком-то окончательном, абсолютном смысле) или, более того, что мы уже вплотную подошли к такому этапу ее развития, вытекают из абсолютизации определенного, по необходимости ограниченного уровня знания. Ни одна из таких попыток, предпринятых в прошлом, не имела успеха, и по мере прогресса естествознания все более подтверждается и углубляется ленинский тезис о неисчерпаемости материального мира. Если существование «вселенных» большего порядка, чем наша Метагалактика, будет доказано, их также необходимо будет рассматривать не как «все существующее», а лишь как нечто соответствующее новой ступени в исследовании материального мира, которая не исчерпает его даже в некоторых основных чертах.

Вселенная как объект космологии — это, следовательно, целостный аспект «всего существующего» *применительно к определенному уровню человеческой практики*. То, что сегодня мы считаем «несуществующим», завтра может вступить в сферу человеческой практики, окажется, таким образом, существующим и будет включено в наше представление о Вселенной.

Следовательно, утверждения, что космология занимается сейчас исследованием эволюции «всей материи», «материального мира как целого», являются неверными. А это в свою очередь означает, что «пачальный момент» эволюции Метагалактики не является каким-то абсолютным «началом всего», а представляет собой момент возникновения протоматерии, из которого затем образовались известные нам формы материи.

Итак, современное развитие астрономии, как и всего естествознания, служит замечательным подтверждением теоретико-познавательных принципов диалектического материализма. Сейчас, как и раньше, выводы астрономии описывают существующую вне и независимо от субъекта объективную реальность, точнее, определенные ее стороны. Но природа неизмери-

мо богаче сложившихся в любой данный момент представлений о ней, и она настойчиво вынуждает нас отказываться от старых представлений и вводить новые, подсказываемые опытом. В этом смысле, как ни «дикуинны» с точки зрения предшествующего развития астрономии современные данные о Вселенной, к ним вполне могут быть отнесены слова В. И. Ленина о непривычных и казавшихся «странными» открытиях в физике микромира: «Все это только лишнее *подтверждение* диалектического материализма»¹.

*Принцип единства мира
и принцип развития в современной
астрономии*

Все многообразие различных методов изучения Вселенной опирается в конечном счете на два важнейших философских принципа: принцип единства мира и принцип развития.

Разумеется, оба этих принципа применяются в астрономии (как и в других естественных науках) не в общеполитической форме, в которой они отвлечены от конкретного содержания. Они модифицируются соответственно особенностям изучаемых объектов. Первый из них обосновывает возможность, необходимость и правомерность экстраполяции законов и теорий физики на различные космические объекты, второй же требует эволюционного подхода к этим объектам, структура которых оказывается обусловленной их происхождением и развитием.

В астрономии XVII—XIX вв. структура космических систем изучалась безотносительно к их развитию, тогда как космогония, в значительной мере изолированная от других разделов астрономии, исходила в основном из умозрительных допущений, а ее выводы были гипотетическими и крайне неопределенными. Объяснялось все это специфическими трудностями изучения космогонических явлений и отсутствием в то время достаточного количества эмпирических данных о процессах изменений во Вселенной, а также возможных прошлых и будущих состояниях космических систем.

Единство мира по сути сводилось к утверждению универсальности законов классической механики, применимости их к любым объектам во Вселенной и к Вселенной как целому («всей материи»), однородности явлений в разных частях Вселенной, а некоторые астрономы выдвигали даже представление о полном тождестве структуры космических систем разных поряд-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 276.

ков. Идея развития в астрономии приняла первоначально форму механистического эволюциозизма. В соответствии с традицией, восходящей к учениям древних философов, принималось, что космические тела и их системы возникли путем сгущения разреженного вещества, все последующие их состояния были почти стационарны и эволюция их состояла в медленном и плавном переходе от одного стационарного состояния к другому. Конкретная форма, которую первоначально приняла идея единства и развития мира, ограниченная уровнем своего времени, определила как общий подход к изучению Вселенной, так в конечном счете и теоретические выводы о структуре и эволюции Вселенной, полученные на основе этого подхода.

Бурный прогресс астрономии за последние десятилетия, доказавший ограниченность прежних представлений о Вселенной, потребовал и коренного пересмотра методологии, основанной на механистических принципах.

Анализ огромного, все увеличивающегося материала о космических системах привел к выводу о громадном качественном разнообразии физических условий и явлений во Вселенной, которые невозможно втиснуть в узкие механистические рамки. Вместе с тем изучение нестационарных явлений во Вселенной показало, что глубокое изучение структуры космических объектов возможно лишь на основе рассмотрения их эволюции, определяющей наиболее характерные черты этих объектов в их современном состоянии.

Описание многих новых явлений, открытых современной астрофизикой, было получено исходя из новых фундаментальных физических теорий — квантовой механики и теории относительности. Появился соблазн считать эти теории способными описать даже всю совокупность астрофизических явлений — и уже известных, и еще не открытых, так как небесные тела состоят из тех же самых элементарных частиц, с которыми имеет дело земная физика. Тем самым в сущности повторилась старая история: стали считать, что бесконечное число явлений природы может быть описано исходя из ограниченного числа фундаментальных физических теорий — на этот раз теорий современной физики. Сторонники подобных взглядов полагают, что явлений, например, в мире галактик не представляют собой ничего качественно нового по сравнению с явлениями в системах меньшего масштаба. Отсюда, в частности, делается вывод и о том, что в рамках современных физических законов и теорий могут получить истолкование также все стадии космогонических процессов, будь то процессы происхождения и развития планет, звезд, галактик или даже Метагалактики.

Но в современной астрономии было сформулировано и совершенно иное понимание единства и развития мира. Суть его состоит в том, что каждому уровню материального мира соот-

ветствуют свои собственные структурные и эволюционные закономерности. Хотя космические объекты состоят из тех же самых элементарных частиц, с которыми имеет дело земная физика, в космосе могут приобретать значение такие «интимные» свойства элементарных частиц, которые в земных условиях мало заметны или не проявляются вовсе. Фундаментальные физические теории, как уже известные, так и те, которые физике еще предстоит создать, могут в принципе иметь лишь ограниченную область применимости, т. е. являются универсальными лишь в отношении определенного круга явлений. Следовательно, мы должны считаться с возможностью (и необходимостью) их пересмотра — уточнения и обобщения — по мере изучения все новых и новых областей материального мира. Это отнюдь не исключает того, что возможности уже существующих, «старых» теорий никогда нельзя будет полностью исчерпать: в них заключено еще множество различных «сюрпризов». Тем не менее дальнейшее развитие физики и астрономии с этой точки зрения будет связано с формулировкой фундаментальных теорий все большей степени общности. Иными словами, принцип единства мира следует понимать диалектически. Это — единство, связанное с бесконечным многообразием материального мира. Представление о том, что бесконечное многообразие явлений, которые астрофизика изучает сейчас или сможет изучать в будущем, может быть описано ограниченным количеством фундаментальных физических законов и теорий, является недостаточным. Более плодотворной следует считать идею о многообразии природы и на уровне законов.

Ясно также, что закономерности развития объекта на любом структурном уровне организации материи могут быть обусловлены такими факторами, которые мало заметны при рассмотрении стационарных, равновесных состояний объекта, так что особое внимание следует обратить на поиски и изучение неравновесных состояний космических тел, в которых происходят сравнительно быстрые изменения.

Обнаружившиеся в современной астрономии различия в истолковании принципов единства и развития мира привели к разработке и весьма различных методологических подходов к изучению Вселенной и в конечном счете к разработке противоположных по содержанию космологических, астрофизических, космогонических теорий.

В космологии первый из этих подходов состоит в построении различных однородных и изотропных «моделей Вселенной», соответствующих различным частным решениям уравнений общей теории относительности, и изучении их поведения во времени. Эти модели сравниваются затем с наблюдениями и уточняются на основе новых фактических данных.

Существует мнение, что релятивистские космологические модели появились сначала как продукт чистой «игры ума», совершенно независимый от каких бы то ни было эмпирических данных, и лишь впоследствии нашли эмпирическое «оправдание». Такое мнение является во всяком случае неточным. Применение в космологии — как и в физическом познании вообще — метода математической гипотезы отнюдь не забывает от необходимости обращения к эмпирическим данным и вовсе не только «в конечном счете», для «контроля» правильности теории. То, что релятивистская космология возникла как попытка согласовать общую теорию относительности с рядом фактов и вытекающих из наблюдения гипотез, неоднократно подчеркивал сам Эйнштейн.

Важнейший факт, из которого он исходил, заключался в том, что в ньютоновой теории Вселенной возник ряд неприятных парадоксов, непреодолимых в рамках этой теории. Следовательно, применение в космологии релятивистской теории было не только оправданным, но и неизбежным. Далее, отмечал Эйнштейн, средняя плотность вещества в пространстве не равна нулю, что приводит к постановке вопроса: можно ли эту подсказываемую опытом гипотезу согласовать с общей теорией относительности? Распределение звезд в пространстве казалось Эйнштейну однородным. Исходя из этого, он рассматривал структуру Вселенной в предположении однородности и изотропии (материя распределена в пространстве непрерывно, с постоянной средней плотностью, ее свойства и поведение в каждый данный момент одинаковы во всех точках и по всем направлениям). Эта гипотеза, названная впоследствии космологическим принципом или космологическим постулатом, позволяет очень упростить вычисления, так как единый пространственно-временной континуум расщепляется на обычное трехмерное пространство и универсальное космическое время.

Наконец, именно эмпирический факт незначительности скоростей звезд по сравнению со скоростью света заставил Эйнштейна модифицировать космологические уравнения, введя в них особую постоянную (так называемый Λ -член), необходимость которой не вытекала из теории; единственное назначение ее первоначально состояло в том, чтобы сделать Вселенную статичной. Эйнштейн сначала, видимо, не был знаком с работами В. Слайфера относительно «красного смещения» в спектрах «туманностей», оказавшихся впоследствии другими галактиками. В этих работах, выполненных еще в 1912—1914 гг., было обнаружено, что линии спектров многих «туманностей», природа которых являлась в то время предметом острых дискуссий, смещены к красному концу по сравнению с их нормальным положением. В начале 20-х годов «красное смещение» было измерено уже у десятков «туманностей».

Наиболее естественным было объяснение этого явления на основе эффекта Доплера. Отсюда следовало, что «туманности» удаляются от нас с довольно высокими скоростями: наибольшие из них достигали примерно 1000 км/сек . В 1924—1926 гг. Э. Хаббл доказал, что эти «туманности» представляют собой подобные нашей Галактике звездные системы, принадлежащие системе еще более высокого порядка — Метагалактике. В 1929 г. Э. Хаббл и М. Хьюмсон установили, что «красное смещение» примерно пропорционально расстояниям галактик от нас. В дальнейшем наличие «красного смещения» и его приближительная пропорциональность расстоянию были подтверждены для многих сотен галактик и других внегалактических объектов. Наибольшая из обнаруженных сейчас скоростей удаления превосходит уже $240\,000 \text{ км/сек}$, т. е. $0,8$ скорости света!

Когда создавалась релятивистская космология (1917), работы Слайфера были известны лишь узкому кругу астрономов. Однако еще до создания теории «расширяющейся Вселенной» Эйнштейн неоднократно обсуждал работы, в которых содержались ссылки на выводы В. Слайфера. Остается предположить, что, уже зная об эффекте «красного смещения» в спектрах «туманностей», он не придавал ему особого значения: в противном случае для стремления построить модель именно статической Вселенной не было бы достаточных эмпирических оснований.

А. А. Фридман¹, показавший в 1922—1924 гг., что решения уравнений общей теории относительности являются, вообще говоря, нестационарными (т. е. нестационарными являются соответствующие этим решениям теоретические вселенные), — исходил в основном из внутренней логики развития самой релятивистской космологии. Но и его работы нельзя считать чисто умозрительными, так как в них используются те же самые фактические данные, которые анализировал Эйнштейн и которые в сущности были достаточны, чтобы сделать вывод о нестационарности Вселенной. Поведение «моделей Вселенной» при $\Lambda = 0$ определяется, согласно А. А. Фридману, некоторым критическим значением средней плотности вещества: если плотность в данный момент больше критического значения, модель попеременно расширяется и сжимается (осциллирующие, или пульсирующие, модели), если же плотность равна критическому значению или меньше, модель неограниченно расширяется (монотонно расширяющиеся модели).

Вывод А. А. Фридмана о нестационарности рассмотренных им теоретических вселенных (миров) не сразу привлек к себе

¹ См. А. А. Фридман. О кривизне пространства; О возможности мира с постоянной отрицательной кривизной пространства; Мир как пространство и время.— «Избранные труды». М., 1966.

внимание. И не только потому, что работы А. А. Фридмана были недостаточно хорошо известны; даже тем, кто был с ними знаком, этот вывод казался слишком необычным, во всяком случае требующим серьезного подтверждения. Он казался «подозрительным» и Эйнштейну, который затем, однако, признал свою ошибку. Дальнейшая конкретизация теории А. А. Фридмана была дана в 1927 г. бельгийским математиком Ж. Лемэтром, который пришел к выводу, что вещество, давшее начало Метагалактике, должно было находиться в сверхплотном состоянии, представляя собой некий «первоатом», причем начало расширения носило взрывной характер¹.

Космологическая теория А. А. Фридмана, несомненно, явилась крупным шагом вперед по сравнению с ньютоновской космологией. Наблюдения подтвердили вытекающие из теории выводы о неустойчивости Метагалактики и, по-видимому, ее взрывном возникновении. Однако эмпирическое подтверждение *некоторых* следствий теории А. А. Фридмана, конечно, вовсе не означает, что надежно обоснована *вся* теория со всеми принятыми в ней допущениями и идеализациями. «Модели Вселенной», построенные на основе теории А. А. Фридмана, — это лишь первые попытки математического описания расширяющейся Метагалактики, чрезвычайно упрощенные и пока еще недостаточно плодотворные.

Развитие общей теории Метагалактики до самого последнего времени сдерживалось недостатком фактического материала. Например, эмпирические оценки средней плотности массы в Метагалактике все еще крайне неточны. Некоторые из них на порядок или два превышают «критическую» плотность ($2 \cdot 10^{-29}$ г/см³), другие, несколько более обоснованные, дают значения меньшие, чем «критическая» плотность, третьи — значения, близкие к «критической» плотности. Отсюда отсутствие среди сторонников теории однородной изотропной Вселенной согласия не только насчет того, какую именно «модель Вселенной» следует предпочесть, но даже какой тип моделей больше соответствует действительности — монотонно расширяющиеся или осциллирующие.

Несмотря на формальную безукоризненность многих однородных изотропных «моделей Вселенной», с одной стороны, и ограниченность имеющихся пока эмпирических данных — с другой, уже сейчас ясно, что исходное допущение, принятое при построении этих моделей, — космологический постулат — является весьма далеким от условий в реальной Метагалактике. Исследованиями, выполненными за последние десятилетия, была показана правомерность и актуальность рассмотрения не только простейших решений уравнений общей теории относи-

¹ G. Lemaître. L'Hypothèse de l'atome primitif. Neuchâtel, 1946.

тельности, связанных с допущением однородности и изотропности, но и решений не столь тривиальных, реализующих более интересные и в некоторых случаях более «экстравагантные» возможности, допускаемые этими уравнениями. В результате выяснилось, что многие выводы теории «расширяющейся Вселенной» отнюдь не заслуживают безусловного доверия. В частности, учет возможных отклонений от изотропии и однородности показывает, что скорость расширения Метагалактики может быть различной в разных областях, причем расширение некоторого пространственного объема в одной области может сопровождаться сжатием его в смежной области. Отсюда следует, что однородное расширение Метагалактики «из точки» должно рассматриваться как слишком сильная, неоправданная идеализация. Вероятно, объем Метагалактики в «начальный момент» был хотя и сравнительно небольшим, но отличным от нуля, а начальная плотность вещества — очень высокой, но отнюдь не бесконечной.

Открытие «реликтового излучения», предсказанного на основе теории А. А. Фридмана (если подтвердится предлагаемая ныне его интерпретация), может означать, что в прошлом плотность вещества в Метагалактике была в миллиард раз больше, чем сейчас. Но была ли она еще намного более значительной, пока нельзя утверждать. Это должны показать дальнейшие наблюдения.

Далее, вводимое в теории однородной изотропной Вселенной понятие однозначного (единого) мирового времени оказывается применимым лишь в ограниченных, довольно узких рамках в теории анизотропной неоднородной Вселенной (например, в том ее варианте, который развивается А. Л. Зельмановым). Это значит, что понятие состояния в данный момент времени к Метагалактике как целому, строго говоря, неприменимо и, следовательно, об эволюции Метагалактики нельзя говорить как о последовательной смене ее состояний. Наконец, можно привести уже достаточно обоснованные эмпирические данные, которые говорят о крайней неоднородности распределения вещества в Метагалактике. Это особенно убедительно доказывает необходимость отказа от космологического постулата как от слишком сильного упрощения.

Дальнейшее развитие теории структуры и эволюции Метагалактики должно идти по пути все более тесного увязывания ее с результатами наблюдений, количество которых быстро растет. Когда наблюдения дадут нам достаточно подробный фактический материал о распределении и движении масс в Метагалактике, можно будет подставить в космологические уравнения не произвольные, а реальные условия, соответствующие ее современному состоянию, а также думать о других, более точных уравнениях.

Еще более рельефно два указанных подхода к изучению Вселенной можно проследить в астрофизике и космогонии.

В астрофизике на основе принципов первого из этих подходов были разработаны многочисленные модели внутреннего строения звезд разных типов. Основанные на упрощенных, по все же, казалось бы, довольно разумных предположениях, эти модели в ряде случаев могут быть — с большим или меньшим успехом — согласованы с некоторыми из известных фактических данных о различных характеристиках звезд. Но, несмотря на гигантскую по объему работу в этом направлении, на основе современной теории внутреннего строения звезд не было предсказано какого-либо принципиально нового явления, которое было бы затем обнаружено наблюдениями, хотя астрофизика буквально переполнена неожиданными открытиями. С другой стороны, после открытия новых фактов их обычно удавалось «согласовать» с теорией путем введения более или менее произвольных дополнительных гипотез. Все это лишает разработанные в настоящее время модели внутреннего строения звезд значительной части их ценности, говорит об их недостаточности. Еще более серьезными были трудности, возникшие при разработке в рамках указанного подхода различных космогонических гипотез и теорий (из которых наибольшей популярностью пользуется сейчас теория, основанная главным образом на работах Ф. Хойла, Я. Оорта, М. Шварцшильда¹).

Это доказывало, что способ построения астрофизических и космогонических теорий должен быть изменен. Изучение структуры и эволюции космических объектов необходимо вести на основе *последовательного обобщения* наблюдательных данных (тем более что результаты исследований сплошь и рядом оказываются качественно новыми, «неожиданными» для нас). Только после этого должна ставиться задача построения их теории.

Сначала необходимо с достаточной степенью уверенности установить, *что* происходит в процессах космической эволюции, — эта задача сама по себе очень сложная и трудоемкая, иногда отнимающая много времени. Особого внимания заслуживают те эмпирические данные, в которых «следы» космогонических процессов выявляются с наибольшей отчетливостью.

Это, во-первых, нестационарные объекты, важнейшая роль которых в космической эволюции была подсказана диалектико-материалистической концепцией развития. Как известно, В. И. Ленин, характеризуя диалектико-материалистическую концепцию развития, главное внимание обращал на вопрос об

¹ F. Hoyle. *Frontiers of Astronomy*. Melbourne. 1956; *его же*. *Galaxies, Nuclei and Quasars*. New York, 1965; Я. Оорт. *Строение и эволюция галактической системы*. — «Земля и Вселенная», 1965, № 2, 3; М. Шварцшильд. *Строение и эволюция звезд*. М., 1961.

источнике развития. Он подчеркивал, что все явления в мире выступают как единство (тождество) противоположностей. Это означает «признание (открытие) противоречивых, *взаимоисключающих*, противоположных тенденций во *всех* явлениях и процессах природы...»¹. Каждая из противоречивых сторон единого целого способна превращаться в свою противоположность, противоположности переходят друг в друга; взаимодействие, «борьба» противоположностей и является источником развития.

Диалектико-материалистическое положение о внутренних противоречиях как источнике развития помогло понять значение пестационарных объектов во Вселенной как *закономерных фаз* космической эволюции, играющих в ней решающую роль. Они представляют собой *поворотные пункты* в развитии космических тел и систем, связанные с их переходом из одного состояния в другое или, как выяснилось позднее, также с рождением новых тел; мы можем непосредственно наблюдать здесь процессы изменения их состояния. Дальнейшие исследования в этом направлении позволили предсказать многие явления пестационарности в звездных системах, включая и те, открытие которых воспринималось многими как неожиданность. Они открыли путь для более полного понимания различных космогонических процессов.

Во-вторых, ценную информацию о характере космогонических процессов несут факты о неоднородностях в пространственном распределении космических объектов, например звезд и галактик, так как эволюционные изменения в звездных группах и скоплениях, в группах и скоплениях галактик можно проследить с большой достоверностью с помощью методов статистической механики звездных систем. Конечно, в этих (как и в любых других) фактических данных самих по себе еще не содержится их однозначное физико-теоретическое истолкование. Обобщение этих данных невозможно без введения в нужные моменты различных физических гипотез, построения моделей и т. д. Но все же исходя из обобщения этих данных изучение процессов изменений в различных космических телах и их системах можно производить, не делая слишком произвольных или сомнительных допущений.

В-третьих, большого внимания заслуживают и фактические данные относительно объектов одного и того же типа, находящихся на разных стадиях развития. Например, эволюционная интерпретация диаграммы звездных состояний Герцшпрунга — Рассела дает чрезвычайно много для понимания процессов звездной эволюции. Однако связывание различных состояний звезд на диаграмме Герцшпрунга — Рассела в эволюционный

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 317.

ряд (или эволюционные ряды) может производиться на основе самых различных, в том числе и взаимоисключающих, гипотез; для выбора между ними требуется привлечение данных, не содержащихся в диаграмме (например, выводов звездной статистики). Таким образом, эмпирические сведения о звездной эволюции, которые содержатся в диаграмме Герцшпрунга — Рессела, носят довольно косвенный характер и надежная их «расшифровка» оказывается очень непростым делом.

Анализ эмпирического материала о наблюдаемых в космических телах и их системах изменениях позволяет сформулировать обоснованные гипотезы относительно механизма и физической сущности процессов, вызывающих наблюдаемые изменения. Эти гипотезы, касающиеся отдельных изменений и подсказанные в отличие от разного рода спекулятивных схем эмпирическими данными, являются важнейшей частью теоретического истолкования различных фаз космогонических процессов. Они помогут построить их достаточно адекватные модели и в конечном счете создать обоснованную теорию этих процессов. «Направляющим стержнем» на всех этапах построения такой теории должны быть выводы, вытекающие из обобщения фактических данных. При построении теорий различных космогонических процессов на основе обобщения фактических данных не следует закрывать глаза на трудности, которые возникают при попытках объяснить изучаемые явления на основе старых представлений. Наоборот, сосредоточивая внимание на этих трудностях и оценивая их, необходимо анализировать возможность того, что мы столкнулись с качественно новыми явлениями, и пытаться определить направление, в котором соответственно надо изменить привычные представления.

Таким образом, изучение структуры и эволюции космических систем должно, как правило, начинаться с решения отдельных, частных задач, не требующих введения произвольных гипотез, т. е. с изучения элементарных космогонических процессов; после того как будут накоплены достаточно многочисленные и надежные выводы о закономерностях таких процессов, можно будет перейти к изучению эволюции космических систем как целого.

Исследования, основанные на систематическом применении такого подхода в звездной космогонии, начались впервые в 30-х годах в Ленинградском университете и продолжают сейчас в Бюраканской астрофизической обсерватории.

Анализ фактических данных относительно стационарности или нестационарности звезд и звездных групп, входящих в Галактику, показал, что в противоположность общепринятым ранее представлениям наша Галактика является системой, в которой происходят бурные и подчас весьма быстрые изменения.

Применение принципов звездной динамики к открытым звездным скоплениям привело к выводу, что, даже если такие скопления находятся в «стационарном» состоянии, в результате взаимодействия звезд они должны как бы испаряться. Отдельные звезды с течением времени уходят из скопления подобно молекулам на поверхности жидкости. В результате этого процесса многие скопления должны будут исчезнуть в течение всего лишь нескольких сотен миллионов лет, а некоторые из них в течение десятков миллионов лет¹.

Такому же анализу была подвергнута совокупность визуально-двойных звезд Галактики. Выяснилось, что процессы распада широких звездных пар, происходящие вследствие их встреч со звездами окружающего поля, доминируют над процессами возникновения новых пар при случайных сближениях звезд. Количество одиночных звезд в общем звездном поле Галактики постоянно растет за счет распада скоплений и визуально-двойных звезд, причем этот процесс идет только в одном направлении. Таким образом, распад и рассеяние (в полном соответствии со вторым началом термодинамики) характеризуют *общую направленность* процессов в нашей Галактике и, как оказалось впоследствии, в других галактиках.

Установление таких фактов позволило также сформулировать понятие «короткая шкала» возраста Галактики и образующих ее звезд. Согласно «долгой шкале», принятой в начале 30-х годов, предполагалось, что возраст звезд Галактики составляет 10^{12} — 10^{13} лет. Но открытие неизбежного распада звездных групп и скоплений за сравнительно короткие сроки свидетельствовало, что Галактика в ее современном состоянии не может иметь возраст, превосходящий (по порядку величины) 10^9 — 10^{10} лет.

Что касается идеи образования звездных систем и звезд из разреженного газа, то в 40—50-е годы начало все более определенно выясняться, что она лишена необходимой наблюдательной основы, является в сущности произвольной и до некоторой степени стала даже предрассудком. Можно указать на три группы косвенных, но очень отчетливых фактов, свидетельствующих о том, что начальным состоянием вещества, из которого образовались космические объекты, было не разреженное, а плотное или сверхплотное состояние и что они образовались не в ходе постепенной и медленной конденсации, а в результате процессов дезинтеграции, распада, взрыва.

Первая группа фактов относится к звездным ассоциациям — недавно возникшим группам звезд, распадающимся непо-

¹ См. В. А. Амбарцумян. Космогония и современная астрофизика.— «Научные труды», т. 2. Ереван, 1960.

средственно после своего рождения¹. Эти системы в своем большинстве оказались нестационарными в полном смысле слова, поскольку входящие в них звезды быстро удаляются друг от друга. Они не могли образоваться непосредственно из диффузного вещества в результате гравитационной неустойчивости, так как группа звезд, возникшая подобным путем, была бы во всех случаях стационарной. Наблюдаемые особенности ассоциаций можно объяснить без натяжек и противоречий лишь в том случае, если мы допустим, что протозвезды представляют собой тела совершенно иной природы, чем туманности или обычные звезды. Эти тела должны обладать большими массами и сравнительно малыми радиусами, что говорит об их высокой плотности. Протозвезды должны заключать в себе громадные количества потенциальной энергии. В результате дробления их на части возникают «осколки» с массами порядка звездных масс. Эти «осколки» неустойчивы и быстро превращаются в звезды. Оставшаяся масса бывшей протозвезды образует туманность. Часть сосредоточенной в протозвезде потенциальной энергии превращается в кинетическую энергию расширения звездных групп и связанных с ними диффузных туманностей.

Эта гипотеза не связана с построением каких-либо теоретических моделей протозвезд и не рассматривает также конкретного механизма их превращения в звездные группы и скопления. Свойства дозвездного вещества, возможно, настолько своеобразны, что объяснение их на основе современных знаний об элементарных частицах окажется затруднительным. Необходимо сначала найти различные внешние проявления свойств дозвездного вещества, собрать как можно больше фактических данных о них, изучить их закономерности. Только тогда можно будет сделать обоснованные выводы о природе протозвезд.

Есть основания считать, что для описания процессов звездообразования потребуется обобщение некоторых фундаментальных законов физики в их современной форме, например закона сохранения вращательного момента, а может быть, даже и закона сохранения энергии. Как показывает история закона сохранения энергии, физика уже не раз сталкивалась с нарушениями этого закона в *его конкретной форме*, ограниченной лишь известными в данное время видами энергии. Тем самым возникла необходимость обобщения закона сохранения энергии, распространения его на все новые, ранее неизвестные виды энергии, что соответственно приводило к развитию самого понятия энергии в физике. Достаточно вспомнить, напри-

¹ См. В. А. Амбарцумян. Эволюция звезд и астрофизика.— «Научные труды», т. 2.

мер, формирование представлений о механическом эквиваленте тепла, введение понятия энергии покоя тела в специальной теории относительности и др. При каждом из таких обобщений идея сохранения энергии распространялась на более широкий, чем раньше, класс величин.

По-видимому, того же следует ожидать и при дальнейшем изучении процессов формирования галактик и звездных скоплений. Сначала были некоторые основания предполагать, что необычные свойства протозвезд и возможные нарушения известных нам законов физики могут объясняться сверхвысокой плотностью протозвезд. В настоящее время кажется более вероятным, что причиной этого является не столько сверхвысокая плотность протозвезд, сколько их гигантская масса.

Вторая группа фактов, из которых может быть сделан вывод о существовании массивных и плотных протозвезд, связана со звездной эволюцией. В 1954 г. выяснилось, что в атмосферах звезд некоторых типов (например, «вспыхивающих» переменных) происходит выделение заметных количеств энергии, причем этот процесс носит дискретный характер: энергия выделяется не постепенно, а сразу, взрывоподобно. Анализ этого явления, не получившего объяснения с общепринятой точки зрения о термоядерных реакциях внутри звезд, приводит к выводу: термоядерные реакции не для всех типов звезд являются главным и во всяком случае не являются единственным источником звездной энергии¹. Наблюдаемые явления можно объяснить, предположив, что в недрах звезд сохраняются остатки «дозвездного» вещества; оно может тем или иным путем выноситься в поверхностные слои звезды или за ее пределы (вынос энергии совершается отдельными порциями), где и освобождается, вызывая вспышку звезды.

Наконец, третья, наиболее убедительная группа фактов, выявляющих «следы» плотного или сверхплотного начального состояния, относится к нестабильным группам и скоплениям галактик, а также к нестационарным явлениям в ядрах галактик, в которых мы наблюдаем разнообразные формы активности. В частности, было установлено, что радиогалактики являются резко нестационарными объектами и могут испускать радионизлучение лишь в течение коротких промежутков времени, незначительных по сравнению с возрастом галактик. Они не являются статкивающими системами, как одно время считали почти все астрофизики. Наоборот, здесь мы имеем дело с делением ядра галактики на части или с мощными взрывами в плотных ядрах².

¹ См. В. А. Амбарцумян. Явление непрерывной эмиссии и источники звездной энергии.— «Научные труды», т. 2.

² См. В. А. Амбарцумян. Об эволюции галактик.— «Научные труды», т. 2.

Радиогалактики представляют собой проявление лишь одной из форм активности ядер галактик. В ядрах некоторых галактик-сверхгигантов открыты и другие формы активности. Факты свидетельствуют в пользу того, что ядра активно участвуют в формировании собственных галактик.

Что же представляют собой ядра галактик? И каков механизм процессов огромной мощности, которые время от времени в них происходят?

Все описанные явления, связанные с активностью ядер галактик, были бы невозможны, если бы ядра состояли только из звезд и диффузной материи. Поэтому в 1955—1957 гг. в Бюраканской обсерватории была сформулирована точка зрения, согласно которой в ядрах галактик содержатся небольшие по размерам тела, на много порядков превосходящие по массе обычные звезды и по своей физической природе отличные от звезд и диффузной материи. Эти очень плотные, а возможно, даже сверхплотные тела представляют собой новую форму материи, возможно вовсе неизвестную современной физике. Они способны разделяться на части, удаляющиеся друг от друга с большими скоростями, а также выбрасывать массивные сгустки вещества. Для этого в них должны быть заключены в потенциальном состоянии громадные количества энергии. Взрыв ядра приводит к образованию новых галактик или — в других случаях — различных звездных подсистем в галактиках. Часть энергии, освободившейся от взрыва ядра, переходит в кинетическую энергию образовавшихся объектов. Конкретный физический механизм этих процессов предложить пока затруднительно.

Дальнейшее развитие этой концепции привело к выводу, что не только пары галактик, но и целые группы, а также скопления галактик могут возникнуть в результате взрывов в ядрах. В момент возникновения групп вначале появлялись лишь плотные «зародыши» галактик, которые образовались в результате одновременного или последовательного разделения массивного плотного тела. При разделении «зародыши» получали большие скорости. Удаляясь друг от друга, каждый из них формировал вокруг себя галактику, становясь ее ядром.

Наблюдения прямо указывают на такое свойство вещества ядра, находящегося в плотном или сверхплотном состоянии, как способность нести в себе большие запасы энергии, сохраняя их до очередного взрыва. Можно ли это свойство ядра объяснить исходя из известных законов теоретической физики? Хотя мы пока не знаем, как именно это сделать, возможность построения модели ядра галактики с наблюдаемыми свойствами на основе известных нам законов теоретической физики нельзя считать полностью исключенной. Если же окажется, что этого сделать нельзя, будет неизбежен вывод, что законы теоретиче-

ской физики в их настоящем виде здесь неприменимы. Такая возможность кажется не только очень вероятной, но и неудивительной, так как принятая сейчас форма основных законов физики, несомненно, не является окончательной. В условиях, существующих, например, в ядрах галактик или в центре квазизвездных радиоисточников, эти законы могут оказаться неприменимыми и должны будут подвергнуться дальнейшим уточнениям и обобщению, что лишь усилит их значение и расширит область их применимости.

В самом деле, законы физики представляют собой по существу обобщение определенной совокупности фактических данных, выраженное в возможно более простой и краткой форме. Однако нельзя думать, что система законов теоретической физики, полученная на каком-то определенном этапе развития науки, является абсолютно точной, законченной и не подлежащей дальнейшему обобщению. Эти законы лишь неполно, приближенно отражают объективную реальность, и не только могут, но и должны подвергаться уточнениям и обобщению. (Уточнение и обобщение законов природы — это обычно единый процесс. Например, переход от классической механики к специальной теории относительности явился и уточнением классической механики, и обобщением ее на случай больших скоростей.)

Такой взгляд покоится на анализе развития современного естествознания, которое открывает с течением времени все большее многообразие новых, ранее неизвестных явлений, принципиально отличных от всего, с чем оно имело дело прежде. Для объяснения фактических данных, характеризующих явления, в качественном отношении резко отличные от явлений, на основе изучения которых была сформулирована имеющаяся в данный момент система законов физики, мы уже не раз оказывались вынужденными обобщать физические законы и теории. Именно такая необходимость возникает и при изучении нестационарных процессов в ядрах галактик и квазизвездных объектах. Никогда в прошлом физика и астрономия не имели дела с концентрацией столь больших масс в относительно малых объемах. Речь идет о массах порядка 10^{10} (а иногда даже более) солнечных масс, сосредоточенных в объемах во много раз меньших, чем объем какого-либо звездного скопления. Речь идет о превращениях вещества, при которых плотность меняется в миллиарды раз, а напряженность гравитационного поля может достигать неслыханных величин. Нет и не может быть никакой гарантии, что известные нам законы физики соблюдаются и в этих условиях. И совсем будет неудивительно, если окажется, что имеющиеся уже сейчас данные относительно нестационарных процессов во Вселенной, при теоретическом истолковании которых встречаются большие трудности,

могут привести с течением времени к прямому противоречию с известными законами теоретической физики.

Попытка математического описания части подобных процессов сделана западногерманским физиком П. Иорданом¹. Он считал, что его теория описывает процессы возникновения звезд. На самом деле она, вероятно, более применима к вопросу о происхождении галактик. (Это показывает, что работа Иордана носит довольно формальный характер и не все развиваемые в ней физические идеи являются ясными. Кроме того, нельзя согласиться с рядом философских положений, выдвинутых Иорданом при обсуждении этих вопросов.)

Явления нестационарности во Вселенной обнаруживаются со все возрастающей резкостью при переходе от звездных ассоциаций к галактикам, их группам и скоплениям и, наконец, к Метагалактике с соответствующим выделением все больших количеств энергии. Иначе говоря, имеет место целая иерархия процессов взрыва, дезинтеграции, распада. Расширение Метагалактики также можно рассматривать как результат совместного образования в процессе взрывного характера большого числа скоплений галактик (точнее, «ядер» или «зародышей», фрагментация которых привела к возникновению скоплений галактик). С точки зрения наиболее распространенных в настоящее время представлений об образовании звезд и звездных систем из разреженного газа эти явления должны были казаться совершенно непонятными.

И в самом деле, факт существования нестационарных звездных группировок выглядел с «ортодоксальной» точки зрения настолько необычным, что неоднократно высказывались сомнения сначала в реальности звездных ассоциаций, затем в их неустойчивости. И лишь после того как эффект расширения по крайней мере некоторых звездных ассоциаций был полностью подтвержден, а идея о звездных ассоциациях как «очагах» звездообразования в Галактике получила всестороннее признание, появились попытки объяснить распад звездных ассоциаций на основе классических идей. Все они, однако, оказались неэффективными.

Резкую нестационарность многих групп и скоплений галактик также невозможно понять с точки зрения гипотезы об их образовании из разреженного газа: если бы скопления галактик формировались таким образом, они были бы устойчивыми. Неоднократные попытки спасти эту гипотезу путем отрицания нестационарности групп и скоплений галактик не привели к успеху.

Еще большие трудности вызвала проблема космогонического истолкования радиогалактик и квазаров. Когда оказалось,

¹ P. Jordan. *Schwerkraft und Weltall*. Braunschweig, 1955.

что истолкование радиогалактик как сталкивающихся звездных систем является ошибочным, и были получены фактические данные, заставившие принять гипотезу о наличии в ядрах галактик тел незвездной природы, в которых иногда происходят взрывы, а также были открыты квазары, сторонники классических представлений стали объяснять взрывы в ядрах галактик не как результат освобождения энергии, заключенной в ядре (т. е. с точки зрения нового, неизвестного до сих пор свойства вещества), а на основе механизма гравитационного коллапса — катастрофического сжатия первоначально разреженного вещества под действием силы тяготения, при котором выделяется огромное количество гравитационной энергии.

На протяжении нескольких лет были рассмотрены буквально сотни различных теоретически мыслимых вариантов того, как именно выделяющаяся при коллапсе гравитационная энергия могла бы превращаться в мощнейшее оптическое и радиоизлучение квазаров. Удовлетворительного решения этой проблемы найдено, однако, не было. Каждое из выдвинутых объяснений сталкивалось с теми или иными теоретическими трудностями, и довольно быстро становилась ясной его несостоятельность. Основная идея этих гипотез — идея гравитационного коллапса — лишена каких-либо эмпирических подтверждений и оказывается недостаточной для объяснения фантастических количеств энергии, выделяющейся при взрывах квазаров. Чем раньше будет выброшена за борт эта надуманная и неплодотворная идея, тем быстрее смогут развиваться исследования реальных процессов, происходящих в квазарах и ядрах галактик.

Можно добавить, что все попытки объяснить переход от сверхплотной начальной фазы Метагалактики к разреженному газу и возникновение в нем флуктуаций плотности, которые могли привести к образованию галактик, звезд и т. д., оказались неплодотворными.

С точки зрения представлений, развиваемых в Бюраканской обсерватории, трудности раскрытия механизма перехода от сверхплотной начальной фазы Метагалактики к разреженному газу не должны вызывать удивления, так как сама постановка такой задачи является неправомерной. Гораздо более естественно считать, что эволюция Метагалактики представляла собой процесс последовательной фрагментации плотного или сверхплотного вещества, сопровождавшийся образованием (и последующим рассеянием) диффузного вещества. Теорию начальных стадий этого процесса в настоящее время дать затруднительно по тем же причинам, по которым пока еще нельзя разработать теорию звездообразования или последовательную теорию космогонической активности ядер галактик. Дело здесь не только в недостатке фактических данных, но также

и в том, что адекватное описание состояния вещества при очень больших плотностях и механизма превращения этого вещества в наблюдаемые космические объекты может потребовать обобщения современных физических теорий на случай, при котором одинаково существенны квантовые, релятивистские и гравитационные явления.

Итак, в отличие от астрономии XVIII—XIX вв., в которой идеи единства мира и его развития часто применялись, во-первых, неосознанно и, во-вторых, в отрыве друг от друга, в современной астрономии эти идеи, применяемые вместе, стали важнейшими методологическими принципами исследования. Тем самым высказанная В. И. Лениным мысль о том, что «всеобщий принцип развития надо соединить, связать, совместить с всеобщим принципом *единства мира*, природы, движения, материи etc.»¹, оказалась необычайно плодотворной. Она лежит в основе любого из современных подходов к изучению Вселенной.

Революция в современной астрономии

Происходящий сейчас переход от одного уровня знаний о Вселенной к другому, более глубокому, сопровождаемый коренной ломкой многих привычных представлений и заменой их неожиданными, непривычными, а также мучительными и противоречивыми поисками нового теоретического языка, более адекватного объективной реальности, может с полным правом рассматриваться как революция в астрономии.

Исходным пунктом современной революции в астрономии явился глубокий кризис прежних представлений: их глубокие внутренние противоречия и противоречия с эмпирическими данными. Новые взгляды были сначала выдвинуты на основе очень ограниченного количества фактов о нестационарных процессах во Вселенной, часть которых была известна и раньше, но которые получили радикальное истолкование.

Эти представления являются еще схематичными и упрощенными. Они позволяют объяснить, и то лишь качественно, небольшую часть удивительных явлений, открытых современной астрономией. Так бывает всегда на том этапе, когда новые представления еще не сформировались в последовательную теорию, а стремительный поток новых фактов и наблюдений уже не позволяет вернуться к старым теориям.

Новые представления в астрономии формируются частично на языке прежних понятий и представлений, избавиться от

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 229.

которых можно будет далеко не сразу, причем новые концепции в астрофизике, космогонии и космологии только в будущем получат более полное обоснование.

Как свидетельствует развитие современной астрономии, было бы несправедливым рассматривать ее лишь как одну из «прикладных» областей применения физических теорий, не обещающую физике ничего принципиально нового. Напротив, сейчас в не меньшей степени, чем в эпоху Возрождения и нового времени, астрономия преподносит нам бесчисленные сюрпризы, все более «дикие» не только с точки зрения обывденного здравого смысла, но и с точки зрения уже ко всему, казалось бы, привыкших и разучившихся удивляться теоретиков современной физической науки. «Кунсткамера» физического знания почти ежегодно пополняется все более удивительными объектами, задающими теоретикам все более трудные (и запутанные) загадки.

Уже известные факты позволяют считать, что основные проблемы современной астрономии могут оказаться фундаментальными и решение их будет так или иначе связано с коренным пересмотром ряда важных представлений современной физики. «Сюрпризы» современной астрономии могут явиться источником новых глубочайших идей и даже источником новой революции во всей системе физического знания.

Итак, вопреки довольно распространенному мнению, что во всем комплексе физических наук сейчас есть только одна экстремальная область исследования, откуда реально можно ожидать революционного изменения наших основных физических представлений (физика элементарных частиц), с течением времени становится все очевиднее, что таких областей две: физика элементарных частиц и астрофизика, которая может дать для теоретической физики не меньше, чем изучение микромира.

Нет сомнения, что дальнейшее развитие революции в современной астрономии приведет к множеству открытий, еще более необычных и поразительных, чем все сделанные до сих пор. «Ум человеческий открыл много диких в природе и откроет еще больше, увеличивая тем свою власть над ней...»¹

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 298.

Раздел III

**ФИЛОСОФСКИЕ
И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
ВОПРОСЫ
БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК**

ПРОБЛЕМА ЖИЗНИ В СОВРЕМЕННОМ ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СУЩНОСТИ ЖИЗНИ

Из вопросов, волновавших умы тех, кто задумывался над тайнами природы, всегда, с самых древних времен, привлекал, а порой и отпугивал своей недоступностью один из труднейших вопросов познания мира — вопрос о сущности жизни. Сократовское «познай самого себя» относится к познанию наивысшего уровня, достигнутого живым миром в его развитии — области человеческого мышления и поведения. Но ясно, что такое знание предполагает наличие достаточных сведений о самых первоосновах бытия живых существ. В конечном счете оно должно отправляться от ответа на вопрос: что есть жизнь?

Веками и тысячелетиями загадка жизни оставалась прибежищем метафизики, областью верования, а не знания. Понятие жизни неразрывно связывалось с понятием души, с витализмом в его различных аспектах, с представлениями о «жизненной силе», или с «энтелехией» Дриша, «жизненным

порывом» Бергсона и т. д., которые рассматривались как непознаваемые, создавая почву для агностицизма, различных форм идеализма.

Все эти представления, различаясь в мелочах, покоились на утверждении, что живые существа и жизненные процессы не могут быть объяснены на основе обычных представлений о детерминированных зависимостях. Особенно отчетливо это было декларировано крупным естествоиспытателем второй половины прошлого века, президентом Берлинской академии наук Дюбуа Реймоном в речи, посвященной «семи мировым загадкам» — крупнейшим задачам естествознания. Четыре из них были отнесены автором к категории трансцендентных, недоступных познанию, и в это число входят те, которые касаются живого мира. Именно их имея в виду, Дюбуа Реймон провозгласил свое «игнорабимус», «никогда не познаем», ставшее знаменитым в качестве лозунга агностицизма.

С этими словами любопытно сопоставить слова современного крупнейшего ученого, последовательного материалиста Дж. Бернала — основоположника одного из ведущих направлений молекулярной биологии. «Жизнь, — говорит Бернал, — перестала быть мистической тайной; практически говоря, она становится криптограммой, головоломкой, кодом, который можно расшифровать, рабочей моделью, которую рано или поздно удастся создать»¹. В словах Бернала с предельной ясностью очерчена методологическая установка современного естествознания в отношении проблемы жизни. Хотя в приведенной формулировке подчеркивается принципиальная разрешимость задачи, из нее неясно, как далеко удалось продвинуться в решении «головоломки», вырисовываются ли уже контуры ответа на самый коренной вопрос: что такое жизнь?

Приходится признать, что дать на него ответ, соответствующий предъявляемым к нему современным требованиям, еще не представляется возможным. По сути дела такой ответ должен раскрыть сущность жизни, ее природу, позволить однозначно отграничить живое от неживого; он служил бы основой определения понятия «жизнь».

Потребовалось бы непомерно много места (и результаты не оправдали бы такой затраты) для сводки многочисленных попыток ответить на вопрос, что такое жизнь, т. е. определить это понятие. Диапазон такого рода попыток необычайно широк, и достаточно будет привести несколько самых различных примеров, чтобы показать их разнообразие.

В 30-х годах нашего века видный английский биохимик Пири, известный склонностью к формулировкам парадоксального характера, озаглавил свою статью в одном юбилейном

¹ J. D. Bernal. «New Scientist», 33, 12, 1967.

сборнике следующим образом: «О бессмысленности терминов «жизнь» и «живое»»¹. Бернал характеризует эту статью как выступление иконокласта, т. е. ниспровергателя святынь. В основе рассуждения здесь лежит мысль о том, что нельзя провести четкую границу между живыми и неживыми объектами; мы к этому еще вернемся несколько позже.

Этому определению можно противопоставить определение жизни, которое в наши дни дает сам Бернал в цитированной выше статье. Изложив ряд соображений, Бернал говорит, что они «приводят нас к провизорному, но, я надеюсь, улучшенному определению жизни: жизнь — это частичная, непрерывная, прогрессивная и обусловленно-взаимодействующая, самостоятельно осуществляющаяся реализация потенциалов атомных электронных состояний».

Комментарии к формулировке Бернала будут даны несколько ниже. А сейчас рассмотрим один труд, появившийся как раз в середине того промежутка времени, который разделяет приведенные выше два высказывания о понятии жизни. Мы имеем в виду небольшую по объему, но богатую мыслями книгу Э. Шредингера «Что такое жизнь?»². В результате обскурантизма, проявленного в оценке этой книги, она в некоторых кругах в свое время была незаслуженно предана анафеме. На самом же деле она сыграла в значительной мере роль сорвавшегося с вершины горы камня, движение которого породило лавину нынешней «биологической революции», и в этом отношении ее появление было событием большой важности.

Но, поставив в заглавии книги издавна волнующий естествоиспытателей (разумеется, не только их) вопрос, Шредингер на всем протяжении книги к нему не возвращается и ответа на него не дает. Он ограничивается обоснованием положения о том, что жизнь для своего осуществления требует «питания отрицательной энтропией». Этим объясняется возникновение высоких степеней упорядоченности вместо диктуемого вторым началом термодинамики стремления к возрастанию энтропии. Однако постулируемое Шредингером положение ничего не говорит о том, что же лежит в самой основе этого удивительного свойства. Имеются бесспорные основания приписать указанному свойству значение условия, *необходимого* для возникновения и поддержания жизни, но, разумеется, никак нельзя считать, что оно является *достаточным*, чтобы обеспечить явление жизни; сам Шредингер отнюдь не делает такого вывода. Согласно его концепции, структурные особенности живых образований, в частности таких важных компонентов их, какими являются хромосомы, следует рассматривать в ка-

¹ N. W. Pirie. Perspectives in Biochemistry. Cambridge, 1937, p. 11.

² См. Э. Шредингер. Что такое жизнь с точки зрения физики? М., 1947.

честве аperiodических кристаллов. Эта глубокая и плодотворная мысль опять-таки касается лишь одной из характерных черт живых объектов, но оставляет открытым вопрос о самой природе жизни.

Возвращаясь к приведенной формулировке Бернала, придется признать, что если многим определениям жизни можно сделать упрек в чрезмерном сужении предлагаемых критериев (например, тот же Бернал говорит в другом месте, что жизнь не есть метафизическая концепция — это строго упорядоченная структура, которая может быть прослежена вплоть до уровня атомов), то в рассматриваемом случае мы встречаемся с чрезмерным расширением границ определения. Состояния электронов в атомах столь же многообразны в мире неживой природы, как и в живых объектах, а перечисляемые свойства не таковы, чтобы дать возможность построить ясную картину хотя бы простейшего живого объекта.

Трудность решения проблемы сущности жизни непосредственно связана с отсутствием точного и неоспоримого ответа на, казалось бы, значительно более простой вопрос, который естественным образом должен бы быть разрешен раньше, чем может пойти речь о природе жизни: где проходит граница между живым и мертвым, по какому признаку определить, является данный объект живым или неживым? Позволим себе привести несколько примеров; иные из них могут показаться слегка наивными, но они отражают существующие трудности.

Преступнику гильотиной отрубили голову — всякому ясно, что он мертв. Но его сердце, если искусственно пропустить через него кровь, может еще часами биться совершенно так же, как билось при жизни человека. Больше того, как мы теперь знаем, сердце можно пересадить другому человеку (что продлит его жизнь). Значит, организм как целое может умереть, но части его при известных условиях какое-то время сохраняют способность к жизни. Спустимся ниже по уровням биологической организации к миру микробов и возьмем клетку факультативного анаэроба, т. е. такого микроорганизма, который в обычных условиях дышит; при отсутствии кислорода он не погибает, а начинает черпать нужную ему энергию за счет процессов брожения. Клетка перестала дышать, что же она — жива или нет? Ответ ясен: она жива, но живет по-иному.

Мы можем полностью разрушить клетку, например под высоким давлением выжать из нее то, что экспериментатор называет клеточным соком, но этот сок будет расщеплять сахар и образовывать спирт и углекислоту, т. е. бродить, иначе говоря вызывать те же явления, что и живая клетка. Возникает вопрос: живой ли полученный сок? Ответ и здесь как будто ясен: не живой; но гораздо менее ясно, почему «нет» и в какой именно момент наш живой объект перестал быть живым. Или

возьмем другой случай: клетку можно разрушить, разделить на части, получить так называемые органеллы, например митохондрии, рибосомы и т. д. Если обеспечить требуемые температуру, питательную среду и другие условия, эти частицы могут длительное время выполнять те же самые функции, которые они выполняли в живой клетке, — осуществлять синтез белков, обеспечивать трансформацию энергии. Следует считать органеллы живыми или нет, и если нет, то почему?

Спустимся еще на ступеньку ниже, и трудность дать однозначный ответ на вопрос о том, что есть живое, а что неживое, еще возрастет. Всем известно, что существуют вирусы. Это биологические образования, обладающие способностью к возбуждению инфекции. Проникнув в клетку, вирусная частица размножается, в результате чего в большинстве случаев наступает гибель клетки и вышедшие из нее вирусные частицы могут заразить новую клетку. Вне клетки вирусная частица не проявляет ни одного из тех свойств, которые мы считаем обязательным признаком живого: в ней не протекает никаких процессов обмена веществ, она не дышит, не бродит, не может двигаться, не может размножаться, не реагирует ни на какие внешние воздействия. С полным правом один из крупнейших нынешних биологов, В. Стэнли, образно охарактеризовал парадоксальные свойства вирусов: в клетке вирус ведет себя, как живое существо, а вне клетки он мертв, как камень.

По существу ту же мысль много раньше выразил наш покойный микробиолог Г. А. Надсон, сказав, что вирус — это то ли вещество, обладающее свойствами существа, то ли существо со свойствами вещества. К этому надо добавить, что с точки зрения химической природы многие простейшие вирусы действительно могли бы рассматриваться как вещество, ибо они состоят всего из двух компонентов — белка и нуклеиновой кислоты. Формально они могли быть отнесены к хорошо известной химикам категории химических соединений — к нуклеопротеидам. Но если так обстоит дело с точки зрения химической, то совсем иначе обстоит дело в биологическом плане: вирусы не что иное, как внутриклеточные паразиты, а понятие «паразит» неразрывно связано с представлением о живом объекте, существующем за счет другого, живого же объекта. В мире неживой природы мы паразитизма не знаем.

Итак, на всех уровнях биологической организации, начиная с уровня нуклеопротеида, каковым может являться вирус, и кончая уровнем человеческого организма, мы неизменно сталкиваемся с невозможностью однозначно провести границу между живым и неживым. Вместо того чтобы пользоваться незыблемой качественной категорией, мы имеем цепь градаций, неуловимо приближающуюся к некоторому пределу, подлинная граница которого не поддается фиксированию. Отсюда понят-

по, что ускользает и возможность дать безупречный ответ на вопрос: что такое жизнь?

В этом конкретном случае в полной мере выступает правильность подчеркнутого В. И. Лениным принципа диалектического материализма, который «настаивает на приблизительном, относительном характере всякого научного положения о строении материи и свойствах ее, на отсутствии абсолютных граней в природе, на превращении движущейся материи из одного состояния в другое, по-видимому, с нашей точки зрения, непримиримое с ним и т. д.»¹.

Мы приходим к выводу, что в науке отсутствует определение понятия «жизнь», охватывающее все ее стороны и объясняющее ее сущность исходя из уже известных понятий. Согласно формальной логике, дать определение — это значит подвести данное понятие под более широкое. Но напрасно стали бы мы искать на нынешнем уровне знаний такое широкое понятие, которое отражало бы жизнь во всей ее полноте, не сводилось бы к простому перечислению отдельных характерных черт, а за внешними признаками и проявлениями вскрывало бы ее сущность, поддающуюся конкретизации. Значит, с неизбежностью мы должны остаться при том определении, которое гласит, что жизнь — это наивысшая из известных нам форм существования материи, достигнутая ею в процессе эволюции. В последнем определении не содержится элемента познавательного характера — не ставится вопрос о сущности жизни, а преследуется задача преимущественно классификационного порядка. Однако из этого определения фактически вытекают принципиального значения следствия, ибо оно безоговорочно отсекает все, что могло бы иметь метафизический оттенок, и исключает все перечислявшиеся нами выше разновидности виталистических и идеалистических воззрений.

При рассмотрении приведенного определения сразу же возникает вопрос: в чем же состоит более высокое качество этой формы существования материи, чем эта форма превосходит состояния материи, встречающиеся в неживом мире? Превосходство это выражается в различных отношениях. В отношении критериев статического характера, таких, как состав и строение живых объектов, многообразие химических компонентов и сложность химического строения подавляющего большинства химических соединений, входящих в живые организмы, в огромной степени превосходит все известное в неживой природе. То же самое справедливо и в отношении динамики, т. е. многообразия и быстроты превращений видов материи. Уровни, характеризующие живые системы, на многие порядки превышают уровни, наблюдаемые в неживом мире.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 276.

Уже перечисленных свойств достаточно для того, чтобы понять, что в живом мире материя находится на более высокой ступени развития, чем в неживом мире. Однако важнейшее качество всего живого — это упорядоченность. Живые системы характеризуются прежде всего высоким уровнем упорядоченности, несравнимым с уровнем у любых известных систем неживого мира. Начало упорядоченности распространяется на все важнейшие стороны материальной основы жизни. Оно проявляется на молекулярном и непосредственно примыкающем к нему надмолекулярном уровне в конформации макромолекул, в их закономерных ассоциациях в мультимолекулярных комплексах, в последовательно усложняющихся структурах возрастающей степени сложности, ведущих уже к морфологической организации. Упорядоченность в пространстве сопровождается упорядоченностью во времени, выражающейся в обеспечении строгой последовательности протекания сложнейших превращений материи в процессах обмена веществ, лежащих в основе всех проявлений жизнедеятельности. Именно в способности живого создавать порядок из хаотического теплового движения молекул состоит наиболее глубокое, коренное отличие живого от неживого.

Уникальность химического состава, своеобразии условий протекания превращений, которым вещества подвергаются в процессе жизни, — такие типичные черты живого не вступают в конфликт с особенностями явлений неживого мира. Это различия, но не противоречия. Тенденция же к упорядоченности занимает особое место. В этом отношении живой объект, не нарушая законов, действующих во всей природе, как бы вступает в антагонизм с ними. Можно сказать, что вместо того, чтобы пассивно подчиняться закону природы, жизнь обеспечивает возможность активно противодействовать этому закону, подобно тому как, поднимая тяжелый предмет, мы не нарушаем закона тяготения, но противодействуем ему.

Тенденция к упорядочению, к созданию порядка из хаоса есть не что иное, как то противодействие принципу возрастания энтропии, т. е. второму началу термодинамики, о котором, как уже упоминалось выше, говорил Шредингер. Это по существу и есть то «питание отрицательной энтропией», которое он выдвигал как наиболее специфическое свойство живого. Из принятия способности живых объектов противодействовать второму началу вытекает следствие первостепенной важности. Живые объекты должны представлять собой открытые системы, т. е. быть способными взаимодействовать с окружающей средой, обмениваться с нею энергией. Именно в силу этого и устраняется противоречие, порождаемое якобы наступающим нарушением второго начала: локальное уменьшение энтропии, возникающее в изолированно взятом живом объекте, на самом

деле сопровождается ее возрастанием в реальной системе «живой объект — среда», и, следовательно, никакого нарушения второго начала на самом деле не происходит.

Если принять, как об этом говорилось выше, что уровень развития естествознания еще не позволяет ответить на коренной вопрос о сущности жизни, то не исключена возможность, что этот вопрос лишен реального содержания. Здесь могла бы возникнуть ситуация, в какой-то мере сходная с представлениями о «невесомых» жидкостях и гипотетических субстанциях, в свое время господствовавшими в физике, когда для объяснения свойств света было создано представление об эфире, для объяснения явлений теплоты — о теплороде, явлений магнетизма и электричества — о соответствующих флюидах. С прогрессом познания указанных явлений необходимость в гипотетических началах отпала. Разумеется, трудно предсказать, будет ли для истолкования природы жизни найдена такая система представлений, какая, например, для природы света была дана в электромагнитной теории Максвелла. Во всяком случае приходится констатировать, что на нынешнем этапе изучения живого возможностей для этого еще не вырисовывается.

ПОЗНАНИЕ АТРИБУТОВ ЖИЗНИ

То новое, что внесено в познание жизни современной наукой, состоит прежде всего в огромном углублении и расширении сведений об элементарных основах тех первичных механизмов, которые обеспечивают осуществление важнейших проявлений жизнедеятельности. Речь идет о тех свойствах живого, которые издавна стояли в числе главнейших атрибутов жизни, таких, как способность к самовоспроизведению, явление наследственности, обмен веществ, движение, трансформация энергии и т. д. В отношении многих из этих атрибутов теперь удается не ограничиваться, как это было прежде, преимущественно феноменологическими характеристиками. В настоящее время стало возможным истолковать их фундаментальные механизмы в понятиях точных наук и раскрывать каузальные взаимоотношения. Это надо рассматривать не только как один из обычных последовательных шагов в постепенном развитии наших знаний, а как сдвиги важнейшего качественного порядка.

В еще более определенной форме этот качественный сдвиг проявился в обнаружении совершенно неизвестных ранее феноменов, которые, бесспорно, обладают всеми чертами типичного атрибута жизни. Они лежат в самой основе ряда важ-

нейших биологических функций, являются свойственными только живым системам и никогда не были (по-видимому, не могут быть) обнаружены в неживом мире. Тем самым эти новые явления и закономерности вносят огромный вклад в представления о специфике жизни. Но и здесь, как в отношении всех прочих атрибутов живого, взятых в отдельности, мы не имеем признаков такого рода, которые сами по себе позволили бы резко, твердо и безоговорочно провести границу между живым и неживым или дали бы возможность сформулировать определение сущности жизни. Жизнь продолжает вырисовываться как некая совокупность большего или меньшего числа свойств и проявлений. Одну из главных задач, стоящих ныне перед наукой о жизни, следует усматривать в установлении того, каковы те предельно простые совокупности атрибутов, наличие которых дает право отнести соответствующий объект к категории живых систем.

Типы этих заново вырисовывающихся специфических признаков жизни глубоко различаются по своей природе. Сюда входят такие характеристики, как некоторые черты химического состава, новые принципы биосинтеза макромолекул, молекулярные механизмы регуляции процессов, происходящих в живых системах, основы биологической информации. Совершенно ясно, что познание возрастающего числа атрибутов жизни, в особенности же имеющих более общий характер, прокладывает новые пути к познанию явлений жизни. Именно рассматриванию выявляемых современной наукой новых качественных признаков живого и будет уделено внимание в последующем изложении.

*Молекулярная биология —
новая ступень
исследования живого*

Говоря о выявлении новых атрибутов жизни, необходимо подчеркнуть, что они в противоположность «классическим» признакам жизни недоступны непосредственному восприятию. Познание новых типических черт живого стало возможным благодаря решающему вторжению точных наук — физики, химии, кристаллографии и других — в сферу исследования биологических проблем. Этому сопутствовало то обстоятельство, что в обиход экспериментально-биологических изысканий были введены объекты предельно простого характера, стоящие на самом рубеже живого и неживого мира, такие, как вирусы, или системы, достигающие подлинно молекулярного уровня.

Следствием совокупного воздействия новых подходов и новых форм мышления явилось не простое возрастание числа

новых фактов, а мощное взаимное усиление тесно переплетающихся линий исследования. В огромной степени возрос фронт аналитического изучения коренных явлений жизни, и рука об руку с этим шло развитие синтетических, интегративных концепций. Так в короткий срок, на протяжении полутора-двух десятилетий, возникла новая наука — молекулярная биология, которая и произвела подлинную революцию во многих важнейших областях биологии. В лапидарной форме это выразил выдающийся физик, президент английского Королевского общества П. М. С. Блэккетт, сказавший, что «молекулярная биология в такой же мере революционизировала науку о живом мире, как квантовая теория революционизировала ядерную физику сорок лет тому назад»¹.

Само название этой молодой ветви естествознания показывает, что она ставит своей задачей проникновение в самые элементарные, глубинные основы существования живого мира — на уровень атомов и молекул, ответственных за явление жизни. В результате появилась возможность в новом свете охарактеризовать специфику жизненных процессов, с предельной полнотой выявить материальные основы биологических механизмов, обеспечивающих осуществление многообразных функций живых объектов, познать закономерности интегративных принципов, которые участвуют в формировании внутреннего единства и целостности как одного из важнейших атрибутов жизни.

В какой-то степени ситуация, сложившаяся в биологии в начале второй половины нашего века, имеет черты сходства с положением в области физики на рубеже XIX и XX вв., в эпоху, когда создавал свои классические философские труды В. И. Ленин. Физика переживала тогда период полной переоценки ценностей. С глубокой проницательностью В. И. Ленин сумел увидеть в возникавших новых представлениях свидетельства неудержимого поступательного движения научного знания, его прогресс. Коренные сдвиги, которые на протяжении последних десятилетий произошли в биологической науке, рассматриваются как революция в учении о живом мире. Это справедливо не в том отношении, что ниспровергнуты какие-то прежние взгляды, а в другом. Революция в биологии выражается главным образом в вооружении исследователей совершенно новыми орудиями, методами и концепциями, в использовании для решения крупных задач совершенно новых объектов. Результатом этого явились огромные успехи, причем многие из них еще совсем недавно, до наступления «революции», казались если и не лежащими в принципе за пределами

¹ «European Conference on Molecular Biology». Geneva, 22—25 January 1968. CEMB 68/45E, p. 15.

экспериментальных возможностей, то все же бесконечно далеки. Сюда можно отнести химический синтез белковой молекулы, раскрытие генетического кода с выяснением материальной сущности явлений наследственности, познание важнейших биологических регуляторных механизмов, истолкование природы многих проявлений жизнедеятельности как результата структурных изменений молекул биологических полимеров — белков и нуклеиновых кислот и т. д.

Прежде чем перейти к рассмотрению некоторых частных достижений молекулярной биологии, мы изложим концепцию обобщающего характера, широкими чертами намечающую контуры специфики явлений жизни.

Издавна уму ученого жизнь представлялась как процесс. В художественном образе воплотил это представление Леонардо да Винчи. «Тело, какому бы существу оно ни принадлежало, непрерывно умирает и непрерывно вновь рождается... если ты не даешь телу столько же пищи, сколько оно израсходовало, то жизненные силы слабеют, а если ты совсем лишишь тело пищи, то прекратится и жизнь. Но если ты даешь столько пищи, сколько разрушено за день, то возникает столько же жизни, сколько ее исчезло, подобно пламени свечи, питающемуся веществом ее; пища притекает к пламени с той же быстротой, с какой она исчезает вверху, где, умирая в сверхакшем свете, она превращается в темный дым; эта смерть непрерывна, как непрерывен дым, и постоянство дыма равно постоянству питания; каждое мгновение пламя умирает и вновь полностью возникает вместе с движением питающего его вещества»¹.

Мы можем сказать, что жизнь представляет собой совокупность некоторого числа начал, причем каждое, взятое в отдельности, не определяет собой жизни, но при отсутствии хотя бы одного из них жизнь невозможна. Одно из таких начал — это структурная организация. Мы не можем представить себе, чтобы жизнью обладал бесструктурный объект, не содержащий элементов определенной, в какой-то мере фиксированной упорядоченности. Другие начала заключены в сочетании трех потоков, лежащих в основе жизни, — потоков материи, энергии и информации. С их рассмотрения мы и начнем, отнеся вопросы структурной организации в заключительную часть статьи. Мы будем рассматривать эти качественно глубоко различные потоки порознь, хотя они теснейшим образом переплетаются между собой, образуя внутренне связанную триаду, которую можно было бы охарактеризовать как «биотическое триединство», составляющее динамическую основу жизни.

¹ Цит. по кн.: *О. Мейергоф*. Термодинамика жизненных процессов. М.—Л., 1928, стр. 8.

Говоря о потоке материи как о начале, образующем вещественную основу жизни, естественно задать вопрос: где лежит тот низший уровень материальных образований, на котором мы вправе ожидать первых проявлений жизни? Правомерны ли такие термины, как «живой белок», «живая молекула»? В последнем случае ответ, несомненно, должен быть отрицательным. Нельзя представить себе, чтобы та совокупность разнотипных начал, которой, как выше указывалось, характеризуются явления жизни, была присуща отдельным молекулам или каким-либо отдельным типам химических веществ. Явления жизни для своего осуществления требуют обязательно наличия некоторой упорядоченной совокупности материальных компонентов, т. е. определенной материальной системы. Мы будем избегать пользоваться термином «живая материя», поскольку он несет в себе некоторый элемент неопределенности, и предпочтем пользоваться выражением «живая система».

В качестве нижнего предела сложности подобной системы вырисовывается система из двух компонентов, что можно наблюдать на границе между живым и неживым, в простейших вирусах. Такого рода компонентами служат важнейшие классы биополимеров — белки и нуклеиновые кислоты; неизвестны никакие системы, которые можно бы отнести к числу живых и в которых не присутствовали бы оба компонента. Больше того, мы в принципе отвергаем возможность существования живых систем, не содержащих оба указанных компонента. Это утверждение можно считать имеющим силу постулата. Оно не аксиоматично, а покоится на твердой экспериментальной базе и вытекает из того, что между указанными двумя типами макромолекулярных веществ как бы поделено обеспечение тех потоков, которые в своем единстве составляют основу жизни. Нуклеиновые кислоты играют ведущую роль в осуществлении потока информации, а поток материи и поток энергии обусловлены свойствами белков, в первую очередь важнейшим из них — каталитической активностью. Наряду с этим белкам принадлежит и решающая роль в обеспечении структурной организации живой материи.

В некоторых отношениях, казалось бы, поток материи, как таковой, в меньшей степени, чем другие потоки, требует комментариев. На него приходится непосредственно воспринимаемая форма связи живой системы с внешней средой, он составляет основу таких сторон жизнедеятельности, как питание, обмен веществ. В этом отношении на протяжении интересующего нас периода не произошло сдвигов, которые повлекли бы за собой возникновение существенно новых точек зрения или вносили бы принципиальные изменения в давно сложившуюся

систему представлений. Но положение в корне меняется, во-первых, если перейти к рассмотрению взаимоотношений между потоком материи и двумя другими потоками — энергии и информации; во-вторых, при рассмотрении конкретных отдельных звеньев, из которых поток материи складывается. Здесь выявляется ряд сторон, которые с полным основанием следует отнести к числу специфических для живых систем.

В основной своей части поток материи в живых объектах складывается из огромного множества химических превращений, которые претерпевают компоненты живых систем, будь то элементы их собственной структуры, подвергающиеся биологическому износу и обновлению, или вещества пищи, несущие структурный или энергетический материал. Все эти превращения, объединяемые понятием химической динамики живого, инициируются биологическими катализаторами, ферментами, которые обладают белковой природой. Подавляющее большинство названных химических реакций не отличается по существу от протекающих и в неживой природе, хотя по своему совершенству — высокой избирательности, силе действия и прочим свойствам — ферменты намного превосходят обычные катализаторы, применяемые в химических производствах или лабораторной практике.

И в то же время именно в живых системах осуществляются такие типы химических превращений, какие никогда не обнаруживались в неживом мире, и с полным правом могут рассматриваться как новый специфический атрибут живого. Их значимость связана не только с их своеобразием, но и с тем, что они определяют главнейшее свойство живого — способность к самовоспроизведению. Мы имеем в виду реакцию так называемого матричного синтеза.

Открытие принципа матричного синтеза надо рассматривать как крупнейший успех современного естествознания, ибо на его основе один из коренных атрибутов жизни получил конкретное истолкование, притом доведенное до уровня молекулярной структуры. Механизмы матричного синтеза необычайно тонки. Сущность же его принципа очень проста и ясна, и заключается она в том, что новые молекулы синтезируются в точном соответствии с программой, заложенной в структуре предсуществующей молекулы. Практика нашей повседневной жизни и техники дает нам много аналогий этого: затвердевший металл передает все детали формы, служившей для отливки; с негативной пленки фотографического снимка получают отпечатки, которые полностью сохраняют все очертания объекта, хотя в обратном соотношении света и теней; изобретение, обеспечившее беспредельные возможности потоку информации, рождаемой деятельностью нашего ума, — создание Гуттенбергом типографского станка — позволило без искажения воспроизво-

дить набранный из литер текст, как бы велик он ни был. Последний пример представляет собой наиболее близкую аналогию рассматриваемому принципу матричного синтеза, который природой был использован миллиарды лет назад при первом зарождении жизни.

Важность принципа матричного синтеза вытекает из того, что он лежит в основе построения и нуклеиновых кислот, и белков. Некоторые детали механизма матричного синтеза в этих двух случаях не идентичны, но ведущий принцип и тут и там один и тот же — это принцип комплементарного (дополнительного) взаимодействия определенных молекулярных структур.

Чтобы дать представление о сущности механизма матричного синтеза даже в самом схематичном аспекте, неизбежно придется оперировать некоторыми, казалось бы сугубо химическими, сведениями. Мы постараемся свести их до минимума и полагаем, что такое отступление от общей линии изложения оправдывается исключительной важностью данного вопроса.

Ведущая роль в матричном синтезе принадлежит нуклеиновым кислотам — именно они и составляют материальную основу матрицы. В состав нуклеиновых кислот входят четыре типа азотистых оснований: аденин, гуанин, цитозин и либо тимин, либо урацил, сокращенно обозначаемые их начальными буквами — *A*, *G*, *C*, *T*, *U*. Они через посредство остатков фосфорной кислоты и углевода, т. е. в форме так называемых нуклеотидов, образуют огромной длины цепи, содержащие от десятков до сотен тысяч звеньев, чередующихся в строго определенных последовательностях, специфичных для каждого случая. Отдельные основания могут взаимодействовать между собой, образуя особый вид химических связей — водородные связи. При этом осуществляется строгая избирательность, образуются лишь комплементарные пары — в них молекулярные структуры как бы дополняют друг друга. *A* может соединяться только с *U* (или с *T*), а *G* только с *C*.

Начнем с рассмотрения матричного синтеза самих нуклеиновых кислот, который протекает следующим образом. На существующей молекуле нуклеиновой кислоты (которая именно и выполняет роль матрицы) в соответствии с правилом комплементарности располагаются в заданном матрицей порядке отдельные нуклеотиды. Будучи пространственно между собою сближены, нуклеотиды под действием специального фермента — полимеразы соединяются между собой прочными химическими связями, в результате чего образуется цепь звеньев — новая молекула нуклеиновой кислоты. С молекулы-матрицы получается как бы отпечаток — новая молекула нуклеиновой кислоты, которая обладает строением, строго оп-

ределяемым строением молекулы-матрицы. На этом механизме основано удвоение генетического материала (ДНК) при делении клетки, и таким же путем на основе ДНК матрицы синтезируется особый вид нуклеиновой кислоты (так называемой информационной), выполняющей в свою очередь роль матрицы (так сказать, второго порядка) при процессе матричного синтеза белка. В этом случае механизм явления усложняется дополнительными звеньями, но основной принцип сохраняется.

При синтезе белковой молекулы строгий порядок взаимного соединения аминокислот обеспечивается особым механизмом реакции, первым этапом которого служит образование на аминокислотах нуклеотидной «метки» путем присоединения аминокислот к нуклеиновым кислотам особого типа, так называемым транспортным (обладающим невысоким молекулярным весом и обозначаемым символом тРНК). Последние в своем составе содержат группировку из трех нуклеотидов (триплет), являющуюся характерной именно для данной аминокислоты. За счет этого триплета молекула тРНК с присоединенной к ней аминокислотой находит комплементарный ей триплет в составе информационной (матричной) РНК и связывается с ним, фиксируя тем самым заданное матрицей местонахождение соответствующей аминокислоты.

Далее, между оказавшимися в непосредственной близости аминокислотами возникает так называемая пептидная связь, лежащая в основе строения белков, образуется полипептидная цепь, которая при достижении требуемой длины и становится белковой молекулой. Индивидуальность молекулы белка определяется порядком расположения аминокислот в полипептидной цепи, а этот порядок и самая возможность их сочленения создаются матричной нуклеиновой кислотой и ее молекулярной структурой — порядком чередования нуклеотидов. Последовательность нуклеотидов в ДНК предопределяет собой результат соответствующих матричных синтезов, и мы говорим, что в химической структуре ДНК записана та информация, которая задает определенное строение синтезируемых белков и в конечном счете обеспечивает их синтез.

В матричном синтезе, таким образом, сливаются между собой поток материи и поток информации, первый — в форме синтеза важнейших составных частей субстанции живых систем, белков и нуклеиновых кислот, а второй — в форме фиксации определенных указаний в химической структуре макромолекул нуклеиновых кислот. Ко второму из этих аспектов мы вернемся ниже, здесь же подчеркнем еще раз коренное значение принципа матричного синтеза как специфического атрибута жизни. В принципе матричного синтеза способность живого к размножению получает свою интерпретацию на подлинно молекулярном уровне в химических терминах. Природой здесь

решена задача безмерной сложности и в то же время ключевого значения для всей проблемы жизни: воспроизведение гигантских молекул, без которых невозможна жизнь, молекул, содержащих тысячи, даже сотни тысяч отдельных звеньев, причем механизм воспроизведения обеспечивает предельно точное сохранение порядка взаимного расположения и чередования этих звеньев.

Мы зашли бы слишком далеко, если бы стали утверждать, что в матричном синтезе заложена сущность жизни. Но с полной уверенностью мы можем сказать, что без матричного синтеза жизнь, какой мы ее знаем на нашей планете, была бы невозможна.

Говоря о принципе матричного синтеза, надо со всей ясностью отдавать себе отчет в том, что синтез этот складывается при участии двух партнеров: матрицы и фермента. Поэтому ошибочны вошедшие, к сожалению, в широкий обиход такие формулировки, согласно которым, например, ДНК является «самоудвояющейся молекулой». На самом деле ДНК сама по себе, в отсутствие надлежащего фермента, никакой способностью к «самоудвоению» не обладает. Реакция удвоения происходит благодаря каталитическому действию фермента полимеразы.

Оставляя в стороне многие другие, менее существенные черты, характеризующие поток материи в живых системах, необходимо еще раз подчеркнуть главенствующую роль белков. Эта первостепенная значимость белков была отражена уже в самых ранних исследованиях, когда им дали наименование «протеин» (от греч. πρωτος — самый первый). С большой проницательностью, намного опережая тогдашний уровень воззрений на химизм живых объектов, важнейшая роль белка была подчеркнута Ф. Энгельсом¹, постулировавшим неразрывную связь явлений жизни с наличием и превращениями белков. Белки в чисто количественном отношении составляют преобладающую долю материальной субстанции живых объектов. При этом значительная, тоже преобладающая часть, — это белки с каталитическими свойствами, т. е. белки-ферменты. А именно действие белков-ферментов приводит в движение всю огромную совокупность химических превращений, составляющих то, что мы обозначаем как обмен веществ и что лежит в основе всех биологических функций. Таким образом, белки представляют собой и вещественную основу, и движущее начало для всего потока материи. В силу многообразия химических и физических свойств, в частности благодаря макромолекулярной природе и способности к построению трехмерных образований, белки играют решающую роль в структурной организации живых систем. Наконец, как мы увидим далее, им принадлежит важное место в осу-

¹ См., например, *К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч.*, т. 20, стр. 82.

щественности потока информации и реализации важнейших интегративных регуляторных задач, которыми определяется целостный характер всякого живого объекта.

Поток энергии

Если в отношении потока материи современное исследование вскрыло некоторые недавно не только не известные, но и не подозревавшиеся черты принципиальной важности, то к потоку энергии это относится в значительно меньшей степени. Основой биоэнергетики является энергия химических превращений. Лишь в двух случаях — при фотосинтезе и при восприятии света (фоторецепции) — участвует лучистая энергия, однако ее роль ограничивается лишь самым начальным этапом, на котором энергия фотонов преобразуется в химическую энергию в результате наступающих изменений электронной структуры соответствующих светочувствительных веществ — хлорофилла или зрительного пурпура. Далее следует цепь тех или иных химических реакций, как и при всех прочих процессах жизнедеятельности.

Одна из характерных черт энергетики живого заключается в многообразии трансформаций энергии при осуществлении различных биологических функций, другая же особенность состоит в сочетании этого многообразия с элементами унификации некоторых основных звеньев энергетического потока. Унификация является следствием того, что в качестве непосредственного источника энергии для самых различных проявлений жизнедеятельности выступают соединения, содержащие богатые энергией (макроэргические, как они были названы) химические связи. В первую очередь это соединения фосфорной кислоты, важнейшим из которых является аденозинтрифосфорная кислота (сокращенно обозначаемая символом АТФ). Энергия макроэргических соединений выполняет роль своеобразной «разменной энергетической монеты», которая служит для покрытия энергетических затрат, требующихся при осуществлении многих химических процессов метаболизма, в частности почти всех реакций синтеза, а также практически всех биологических функций.

Не будет преувеличением сказать, что весь поток энергии, поступающий в живую систему из окружающего мира в форме химической энергии пищевых веществ и освобождающийся в экзотермических реакциях обмена, таких, как клеточное дыхание, т. е. окисление органических соединений, или в процессах анаэробного распада, т. е. брожения, проходит в цикле жизненных превращений через стадию макроэргических связей АТФ. В эту же форму превращается и лучистая энергия при фотосин-

тезе. Унификация энергетического обмена, прохождение всего потока энергии на определенном участке через узкое русло одного-единственного типа молекулярных связей придает специфику этой стороне существования живых систем. В какой-то мере она заслуживает включения в число атрибутов жизни.

Наряду с только что отмеченным элементом унификации в энергетике живых систем мы встречаемся, как было отмечено выше, с многообразием превращения энергии, примеры чего общеизвестны, и можно ограничиться простым перечислением некоторых из них. Сюда относится превращение химической энергии в механическую работу, которое имеет место при всех типах движения (например, жгутиков у низших организмов) или, в особенно большом объеме, при работе мышцы. Процессы перемещения воды или изменения концентрации растворенных веществ, а также всех видов активного транспорта веществ через мембраны с преодолением градиентов концентрации требуют выполнения осмотической работы. При функционировании элементов нервной системы в процессе переноса нервных импульсов возникают электрические явления, которые порой могут достигать весьма больших показателей, например при разряде электрического органа у некоторых рыб. Сохранение характерного для живых систем метастабильного состояния было бы невысказимо сколько-нибудь длительное время, если бы оно не поддерживалось потоком энергии.

Для всех форм энергии, способных производить работу, только переход в тепловую форму может происходить непосредственно, без участия каких-либо специализированных механизмов. Во всех прочих случаях трансформация одного вида энергии в какой-либо иной требует наличия определенных физических приспособлений самой различной степени сложности. В приложении к живым системам наши знания о сущности первичных механизмов, участвующих в трансформациях энергии, еще чрезвычайно скудны. Так как энергетические потоки в живых системах принадлежат к числу коренных особенностей жизни, пробел в знаниях этих закономерностей весьма чувствителен.

Когда обсуждается вопрос о переходе молекул в возбужденное состояние в результате перехода электронов на более высокие энергетические уровни при поглощении квантов или возвращения электронов на устойчивые орбиты, достаточно конкретными представлениями мы располагаем по сути дела лишь для случаев квантовых переходов в электронной структуре атома. Говоря о такого рода переходах в молекулах, мы имеем в виду уже упоминавшиеся процессы, связанные с участием фотонов, например при фотосинтезе, в явлениях люминесценции, при восприятии света. Для иных, тоже перечислявшихся выше форм трансформации энергии в живых системах наши сведе-

ния ограничиваются лишь регистрацией внешних эффектов, сопоставлением начального и конечного состояний, причем отсутствуют достаточные знания о механизмах, посредством которых осуществляются промежуточные этапы энергетических превращений.

Огромные, не имеющие себе равных успехи, достигнутые современным естествознанием за протяжении последних десятилетий в изучении закономерностей жизни, которые связаны с потоками материи и информации и которые дают полное основание говорить о наступлении новой эры в познании живого мира, с особой силой подчеркивают неполноту и фрагментарность представлений, относящихся к потоку энергии. Не подлежит сомнению, что в эту сторону будут направлены усилия исследователей ближайшего будущего. Если успехи тут будут так же велики, как на ныне интенсивно разрабатываемых фронтах, то это будет новый шаг к глубокому проникновению в неизведанные области жизни.

Поток информации

В представлениях о потоках материи и энергии мы могли видеть сочетание классических, устоявшихся воззрений с концепциями, отличающимися новизной и вносящими элемент революционизирующего характера. В отличие от этих областей представление о потоке информации — целиком плод успехов естествознания самого последнего периода, результат проникновения в область биологии кибернетических воззрений, так как теория информации, хотя она и возникла до кибернетики, служит одной из ее первооснов.

При рассмотрении потока информации наряду с потоками материи и энергии надо сделать оговорку. Речь не будет идти о математических аспектах, как они обсуждаются, например, в классических работах Шеннона, посвященных математической теории связи и предназначенных для решения определенных проблем технического характера. Математические аспекты теории информации еще не находят отчетливых приложений к анализу элементарных основ жизненных явлений, хотя имеются основания предполагать, что благодаря универсальности принципов этой теории дальнейшее ее развитие откроет возможности для такого рода приложений, которые будут все расширяться и углубляться. Но в настоящее время для наших целей закономерно ограничиться элементами качественного порядка, характеризующими, согласно определению А. Н. Колмогорова, системы, способные воспринимать, хранить и перерабатывать информацию и использовать ее для управления и регулирования.

Методологическое значение представления о потоке информации огромно. В нем, в частности, сконцентрировано и во многих отношениях предельно конкретизировано именно на примере живых систем (представляющих, как известно, высший уровень развития материи) философское положение, значение которого подчеркивал В. И. Ленин, — положение о том, что взаимосцепление событий — это «звенья в цепи развития материи»¹.

Информация всегда связана с тем или иным реальным носителем — объектом или событием, и, разумеется, поток информации в живых системах не составляет исключения из этого правила. Напротив, он может служить убедительным примером сочетания потока информации с потоком материи. Информация содержится в живых системах в различных формах. К числу важнейших принадлежит форма, играющая роль в процессах регуляции. Основоположник современной кибернетики Н. Винер говорил, что всякое регулирование как в живом организме, так и в машине зависит от связи, а при связи любого типа передаются измеримые количества информации.

Деятельность любой живой системы, а значит, и ее бытие пронизаны началами упорядоченности и саморегуляции. Осуществление их возможно лишь при наличии определенной совокупности связей, которая придает сложной множественности некое единство и целостность, причем образование системы приводит к возникновению новых свойств, отсутствовавших в составных элементах данной системы. Это выражается в известном принципе, что целое больше, чем сумма его частей. Поток информации в своей основе оказывается проявлением такого рода совокупности связей, которая объединяет отдельные компоненты живой системы и служит для передачи определенных сигналов между этими компонентами. Первостепенное значение принадлежит взаимоотношениям, предполагающим возникновение обратных связей, точнее, реципрокное, обоюдонаправленное воздействие, которое составляет основу всех механизмов саморегулирования.

Характер каналов, по которым устремляется поток информации, многообразен, типы его функционирования различны. Важным вкладом современного естествознания в познание специфических особенностей живого, несомненно, следует считать выявление всепроникающей роли потока информации как компонента жизненных явлений и обнаружение совершенно новых форм его реализации, имеющих место в основном на молекулярном уровне.

Издавна известны два типа передачи информации в живых объектах (высших организмах) — нервная и гуморальная си-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 143.

стемы передачи сигналов. Их мы касаться не будем, так как это область весьма высоких уровней биологической организации, лежащих за пределами нашего рассмотрения. Кроме того, новейшее время не раскрыло здесь каких-либо новых принципов. Мы сосредоточиваем внимание на явлениях, лежащих ближе всего к первичным проявлениям жизни и разыгрывающихся в основном на молекулярном уровне. Следует подчеркнуть, что сам факт обнаружения явлений передачи информации на уровне молекулярных структур надо рассматривать как одно из самых крупных событий, открывших новую эпоху в современной биологии. Из всех видов информации, передающихся посредством молекулярных взаимодействий, наибольший интерес представляет генетическая, так как она выходит за пределы индивидуального биологического объекта и простирается на бесконечную череду поколений.

Существование функционирования генетического кода состоит в том, что сумма наследственной информации, передаваемой в процессе клеточного деления от материнской клетки к дочерней и в ходе развития высшего организма определяющей всю совокупность его свойств, заключена в ДНК клеточного ядра. Со всей очевидностью здесь выступает принцип записи, хранения и передачи информации целиком средствами молекулярной структуры. Если учесть, что в молекулах ДНК одного спермия и одной яйцеклетки содержится вся информация, определяющая развитие высшего организма вплоть до человека, то становится понятной необычайная степень миниатюризации, достигнутая природой в решении важнейшей задачи — сохранения типовой индивидуальности одновременно с поддержанием жизни на Земле. Это достигнуто в результате использования именно химической записи, осуществленной на самом пределе материальной делимости, при которой еще сохраняется индивидуальность химического вещества, — на уровне молекул.

Выше мы охарактеризовали принцип матричного синтеза как один из недавно открытых атрибутов живого. Теперь мы можем сказать, что по самой сущности матричный принцип представляет собой поток информации в его молекулярно-структурной форме, проявляющейся при самовоспроизведении живых организмов, с одной стороны, и при реализации наследственной информации в процессах синтеза специфических белков — с другой.

В матричном синтезе выявляется главное биологическое назначение нуклеиновых кислот: они в совершенно преобладающей степени составляют материальную, молекулярно-структурную основу одного из решающих русел потока информации. Мы здесь имеем ярко выраженный пример молекулярно-функциональной специализации, которая широко распространена в живой природе.

Из сказанного становится ясным, почему нуклеиновые кислоты наряду с белками являются неотъемлемыми компонентами живых систем: без потока информации невозможна жизнь, а без нуклеиновых кислот невозможно движение этого потока на одном из его ключевых участков. Однако, если биологическая роль нуклеиновых кислот, по крайней мере в ее основных чертах, исчерпывается обеспечением определенного участка потока информации, то, как бы важен этот участок ни был, им не охватывается весь поток информации в целом. Напротив, его механизмы отнюдь не ограничиваются процессами матричного синтеза.

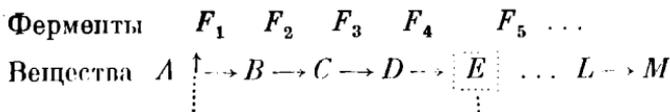
Сохранение свойств упорядоченности живого обеспечивается тонкой отрегулированностью действия всех участвующих в потоке материи ферментов, что проявляется в способности отвечать на различные изменения как внешних условий, так и внутренних потребностей, которые определяются многообразными функциями живого организма. Регуляция и управление всеми звеньями материальной динамики живой системы покоится на информационных механизмах — сигнализирующих каналах связи, воспринимающих и перерабатывающих информацию. Лишь в ограниченном числе случаев к настоящему времени достигнуто понимание принципов осуществления этой регуляции и управления, не говоря уже о более детальных сведениях относительно отдельных звеньев их. От будущих исследований мы ожидаем выявления новых закономерностей, касающихся регуляции потока материи и неразрывно с ним связанного потока энергии.

В самое последнее время сделан крупный шаг в познании механизмов регуляции. Событием большого значения следует считать открытие совершенно новой категории явлений, составляющей один из ключевых участков в потоке биологической информации. Мы имеем в виду регуляторные механизмы, основывающиеся на принципе так называемых аллостерических взаимодействий. Они были обнаружены при изучении информационных цепей, имеющих место в некоторых ферментативных процессах и обладающих в основе своей типичными чертами систем с отрицательными обратными связями.

Молекулярные механизмы регуляции биологических процессов

При исследовании большого числа различных многоступенчатых ферментативных реакций, каждый последовательный этап которых протекает под действием специального фермента, было обнаружено своеобразное явление, не встречающееся в биологических химических реакциях, инициируемых теми или иными катализаторами. Как выяснилось, очень часто продукт того или иного этапа, нередко отдаленного от начального звена цепи, ока-

зывает сильное и строго специфическое тормозящее действие на фермент, стоящий в начале реакционной цепи. Схематически это может быть представлено следующим образом:



В этой схеме продукт B , образовавшийся из исходного вещества A действием первого фермента F_1 , служит субстратом действия следующего фермента — F_2 и т. д. Процесс мог бы идти бесконечно, если бы один из промежуточных продуктов (в нашем случае E) не служил ингибитором начального фермента F_1 . И если он не подвергается достаточно быстро дальнейшим превращениям, то сам затормаживает течение всего процесса, т. е. оказывает определенное регулирующее действие, осуществляемое по принципу обратной связи.

В науке и ранее были известны случаи специфического торможения ферментов низкомолекулярными химическими соединениями, в большинстве своем родственными по своему строению нормальным субстратам, на которые данный фермент действует. Тормозящий эффект так называемых антиметаболитов основан на их близости по химическому строению к субстрату, а отсюда и на средстве с каталитической группой фермента, которую они связывают и тем самым препятствуют взаимодействию фермента с субстратом. Это явление, называемое конкурентным торможением, типично не только для ферментативных каталитических процессов, но может обнаруживаться и при обычных реакциях.

В случае же указанного выше типа торможения, который в корне отличается от явлений конкурентного торможения, тормозящий продукт (ингибитор) по химической природе совершенно отличен от субстрата фермента, подвергающегося торможению, почему его действие и не направлено на каталитическую группировку этого фермента. Своим присоединением к макромолекуле белка-фермента ингибитор вызывает изменение пространственной конфигурации молекулы фермента и тем самым резко нарушает его каталитическую функцию. Этот эффект получил наименование аллостерического регулирования, т. е. регулирования, обусловленного приобретением новой конформации молекулы.

Необходимо подчеркнуть чрезвычайно большое эвристическое значение понятия аллостерических воздействий. Подобно принципу матричного синтеза мы в явлениях аллостерического эффекта имеем дело с совершенно новыми, ранее неизвестными сторонами живого.

В аллостерическом эффекте конкретизируется характер взаимоотношений макромолекулярных соединений, в первую очередь белков, составляющих длительно сохраняющуюся вещественную основу живых систем, с низкомолекулярными компонентами быстро текущего потока материи, который складывается из многообразных процессов метаболизма. Через посредство аллостерического взаимодействия открываются пути для осуществления многочисленных связей между низкомолекулярными промежуточными продуктами метаболизма (метаболитами), которые без этого в непосредственное химическое взаимодействие между собой не вступают. В частности, что, быть может, особенно важно, в свете аллостерических представлений вырисовываются возможности дать истолкование механизма действия важнейших факторов гуморальной информации, а именно гормонов, продуктов внутренней секреции. До последнего времени главная трудность в объяснении путей и способов механизма их воздействия на многие процессы обмена веществ состояла в том, что гормоны не удавалось включить ни в какие химические уравнения, выражающие, например, сущность основных реакций углеводного обмена, в случае инсулина и адреналина, или реакций энергетического обмена, например окислительного фосфорилирования, в случае гормона щитовидной железы.

Другое, не менее существенное значение учения об аллостерических механизмах состоит в том, что через их посредство раскрывается сущность своеобразной формы участия белков в реализации потока информации, притом одного из его главных русел. Неоднократно уже подчеркивавшаяся интеграция трех потоков получает здесь четко очерченное выражение.

Молекулярные структуры и биологическая организация

Установление решающей роли пространственной конфигурации белковых макромолекул заставило обратиться к новой категории факторов, которые нами еще не рассматривались и которые в своей совокупности определяют один из коренных атрибутов живых систем — их трехмерную пространственную, структурную организацию. Мы здесь имеем дело с почти необозримой градацией уровней возрастающей степени сложности — от структуры отдельных молекул до интегрального строения высшего организма. Как контраст по отношению к исключительной важности этой стороны живого выступают наши еще чрезвычайно ограниченные знания ее подлинных основ. Они содержат почти одни лишь описательные характеристики тех или иных форм структурной организации и еле касаются закономерностей их возникновения. Нет сомнения, что мы имеем дело не с простой сменой автономно формирующихся уровней,

а с определенно протекающим процессом развития, идущим от низших форм к высшим, т. е. с некоторой иерархией структур.

В число начал, направляющих возникновение тех или иных уровней организации живого, некоторые авторы включили гипотетическое «биологическое поле». Эта концепция родилась в результате проведения внешней аналогии с физическими представлениями об электрическом или магнитном поле, о поле тяготения и т. д. Однако фактическое содержание понятия поля применительно к биологии не углубляло знаний о сущности сил, действующих в живых организмах, а скрывало неведение. Эти взгляды принадлежали к разряду произвольных постулатов и оставались стерильными в отношении побуждения к проведению экспериментов и теоретических обоснований. Отчетливый налет метафизического характера на них проявлялся, например, в том, что они уживались с такими представлениями, как энтелехия.

Признавая материальную преемственность градаций биологических структур, необходимо подчеркнуть, что иерархия, о которой упоминалось выше, имеет своеобразный, если угодно, обратный порядок тому, который более привычно встречать в иерархических рядах: не высшая форма дает свои указания более низкому уровню, а наоборот, структура низшего уровня содержит элементы, определяющие черты более высокой организации. В отчетливой форме к настоящему времени это выявляется лишь на самых элементарных этапах, отвечающих молекулярному или непосредственно к нему примыкающим уровням, но нет сомнений, что закономерности, обнаруживающиеся здесь, являются частным отражением универсального принципа.

Отправной точкой градации усложняющихся структур в живых системах является так называемая первичная химическая структура молекул обоих главных классов биополимеров — белков и нуклеиновых кислот. Под этим подразумевается порядок расположения первичных структурных элементов, аминокислот или нуклеотидов в полимерной цепи соответствующих макромолекул. Формула химического строения молекулы белка или нуклеиновой кислоты обычно изображается как структура одного измерения. Фактически же макромолекула принимает строго определенную трехмерную структуру, происходит спирализация линейной цепи или ее закономерное складывание в так называемую вторичную структуру. Следующая ступень, обозначаемая как третичная структура, возникает, когда обладающая вторичной структурой линейная основа макромолекулы приобретает еще более усложненную трехмерную конфигурацию, характеризуемую в свою очередь наличием специфического пространственного расположения. Четвертичная структура — результат закономерной ассоциации отдельных молекул, сохраняющих свою третичную структуру, в строго определенные мультимолекулярные комплексы.

Естественно возникает вопрос: чем же определяется приобретение веществом, в данном случае биополимером, упорядоченных структур возрастающей степени сложности? Современные исследования дают на это совершенно четкий ответ. Решающим фактором здесь служит принцип обеспечения минимума свободной энергии. Первичная структура полимерной молекулы создается главновалентными связями химического сродства, обладающими большой прочностью. В отличие от этого все последующие уровни структурной организации базируются на силах слабого взаимодействия. С одной стороны, это водородные связи, с другой — силы преимущественно электростатического характера — Ван-дер-Ваальсовы, дипольные, силы гидрофобных взаимодействий. Для образования этих типов связей необходимо наличие молекул с определенными чертами строения: гидрофобные связи возникают между аполярными молекулами, водородные связи требуют наличия определенных электронных структур и т. д. Соответственно этому условия возникновения такого рода связей заложены в первичной химической структуре. В ней, т. е. на самом низшем, но в то же время и на самом прочном и наиболее строго детерминированном уровне, содержится информация, управляющая возникновением последующих ступеней структурной организации. Образование указанных выше слабых связей сопровождается уменьшением свободной энергии системы, поэтому процесс образования структур более высокого порядка требует снижения свободной энергии до минимума, допускаемого первичной структурой. Это физическое требование выступает как ведущий фактор структуризации живых систем, по крайней мере на самых первичных уровнях, приближающихся к молекулярному.

Подчеркнем диалектичность своеобразия складывающейся ситуации — возникает противоречие двух противоположно направленных тенденций. С одной стороны, в ряду усложняющихся биологических структур мы имеем отчетливо выраженное проявление начала упорядоченности как будто бы вопреки второму началу термодинамики. Но с другой стороны, как мы видели, движущей силой, ведущей к возрастанию структурной упорядоченности, служит стремление к достижению минимума свободной энергии, т. е. к возрастанию энтропии, что как раз и предписывается вторым началом. Очевидно, что разрешается это противоречие должно количественным соотношением тех величин, которыми характеризуются та и другая тенденции. Соответствующими измерениями наука еще не располагает, но надо думать, что в конечном счете выигрыш в энтропии при образовании структурирующих связей более значителен, чем уменьшение энтропии, обусловленное возникновением структурной упорядоченности.

Если отвлечься от возможностей современного исследова-

ния, определяемых достигнутым уровнем знаний, то допустимо сделать следующее заключение. Зная все энергетические параметры, характеризующие макромолекулу в соответствии с ее первичной структурой, в принципе можно априори предсказать пространственную конфигурацию, которую она примет, будучи предоставленной самой себе. Свидетельства обоснованности подобного смелого утверждения уже имеются. Обычные средства не позволяют произвести требуемые вычисления. Но использование мощных электронно-вычислительных машин дает возможность на основе знания первичной химической структуры получить графическое изображение трехмерной структуры для некоторых видов макромолекул. Сравнение полученных результатов с имевшимися для этих молекул данными рентгеноструктурного анализа показало наличие весьма больших черт сходства.

Тот коренной важности факт, что первичные компоненты биологических структур несут в себе элементы информации, определяющие возникновение упорядоченности более высокого уровня, с отчетливостью подтверждается возможностью явления так называемой самосборки. Оно состоит в том, что если путем соответствующих воздействий разложить сложно построенные молекулярные агрегаты, т. е. уничтожить четвертичную структуру, то при восстановлении благоприятных условий происходит «самосборка», т. е. вновь возникает исходная, подчас весьма сложная, высокоупорядоченная молекулярная архитектура. Этот прием оказывается возможным распространить на такие структурные образования, какими являются бактериальные вирусы (бактериофаги), вирусы растений и животных, и даже на такие субклеточные частицы, как рибосомы. На всех этих объектах удается наблюдать явления «самосборки», причем о полноценности этого процесса свидетельствует восстановление исходной биологической активности. Поток информации, начинающийся на уровне молекулярных структур, пронизывает последующие ступени структурной иерархии и вносит элемент строгой детерминированности во всю область пространственной организации живых систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К числу выдающихся успехов современной науки на путях познания специфики живых объектов принадлежат достижения в области синтетического получения важнейших компонентов живых систем. Современный химический эксперимент открыл возможности, которые еще совсем недавно казались почти неосуществимыми. Осуществленным оказался синтез белковой молекулы — гормона инсулина. Отсюда с очевидностью следует вывод, что в принципе совершенно реальным является синтез

молекулы белка-фермента. Для таких ферментов, как лизоцим или рибонуклеаза, имеющих сравнительно невысокий молекулярный вес, решение этой задачи, вероятно, вопрос ближайшего времени¹. Если бы в исследовании по химическому синтезу первых ферментов, говорил несколько лет назад известный биохимик и генетик ныне покойный Дж. Холдейн, были вложены средства того же порядка, что и в разработку новой модели военного самолета, то цель была бы достигнута в самые короткие сроки, ибо на пути к ней лежат препятствия не принципиального, а технического характера.

Далеко продвинулись работы по химическому синтезу нуклеиновых кислот, и надо полагать, что химик скоро синтетически изготовит матрицу, на которой путем использования биологических «сборочных механизмов» рибосомы можно будет получить не встречающийся в природе белок с заданной первичной структурой. Нечто близкое уже осуществлено: в результате применения соответствующего фермента без участия живой клетки удалось в пробирке синтезировать нуклеиновые кислоты, участвующие в построении частицы бактериального вируса (бактериофага). Полученные препараты обладали важнейшим признаком природного вируса — инфекционными свойствами. Проникнув в бактериальную клетку, они ведут к образованию своей второй составной части — специфического белка и, вступая с ним в соединение, дают полноценную вирусную частицу.

Эти опыты уже в известной мере предпрещают ответ на вопрос о современных перспективах получения хотя бы самого примитивного живого образования искусственно, в условиях химического и физического опыта, т. е. на вопрос: мыслим ли «синтез жизни?» Совсем недавно сама постановка такого вопроса казалась лишенной всякого основания. В настоящее время положение в корне изменилось.

В самом начале статьи мы отметили парадоксальное положение, сложившееся в области поисков ответа на вопрос: что такое жизнь? Оказалось, что не найдено даже исчерпывающего ответа на вопрос о различии живого и неживого. Теперь мы сталкиваемся с парадоксом иного порядка. Он состоит в том, что мы получим нечто живое, быть может, не зная до конца, что же такое жизнь. Но это не должно нас ни в коей мере обезоруживать в поисках. Нет сомнения в том, что именно таким путем как бы в нарушение последовательности логических этапов будет сделан шаг решающего значения, приближающий нас к конечной цели — познанию сущности жизни. Можно ли сомневаться в том, что это будет величайшим триумфом естествознания нашего века?

¹ Это предсказание сбылось: в конце 1968 г. был осуществлен химический синтез рибонуклеазы.

СОВРЕМЕННАЯ ГЕНЕТИКА В СВЕТЕ МАРКСИСТСКО-ЛЕНИНСКОЙ ФИЛОСОФИИ

*Лидеры естествознания
текущего века*

Революция в естествознании и в технике во второй половине XX в. вновь во весь рост ставит проблемы философского осмысления гигантского материала, накопленного наукой. Человечество вошло в эпоху стремительного развития науки. Революция в современном естествознании подвела науку к разрешению величайших загадок мира. С развитием науки как непосредственной производительной силы общества связано будущее социализма. Все это во весь рост ставит фундаментальные вопросы философии науки.

Проблемы философского осмысления сложного материала современной науки и ее законов, нового положения науки в жизни человечества и ее роли в преобразовании мира в первую очередь касаются бурно прогрессирующих современных дисциплин, которые в XX в. возникли в недрах физики, математики, химии и биологии. К таким наукам относится и генетика, кото-

рая вместе с другими биологическими дисциплинами добилась гигантских успехов и ныне приближается к познанию сущности жизни и созданию возможностей искусственного воспроизведения живого.

В течение многих столетий естествознание с его стихийным материалистическим миропониманием и стихийным же использованием принципов диалектики с трудом пробивалось через дебри идеализма, метафизики и агностицизма.

Маркс и Энгельс в XIX в. создали диалектический материализм, что открыло возможности сознательной разработки философских проблем наук о природе.

В начале текущего века развитие естествознания получило мощный импульс от идей, содержащихся в гениальной работе В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». В. И. Ленин подверг марксистскому анализу принципы физики, пришедшие на смену механистическим концепциям XIX в., показал, что коренная ломка естественнонаучных понятий может быть осмыслена только при помощи философии диалектического материализма, выявил полную несостоятельность идеалистического истолкования революции в естествознании. Базируясь на единстве диалектики вещей и диалектики познания, В. И. Ленин подчеркнул, что объективной основой познания служит бесконечная Вселенная, бесконечное число свойств вещей, особенностей явлений и, следовательно, аспектов их исследования. «Электрон,— писал В. И. Ленин,— так же неисчерпаем, как и атом, природа бесконечна...»¹

В. И. Ленин показал, что материалистическая диалектика — это основа познания глубинной сущности явлений, свойственных данной науке. Она не может быть привлечена в науку извне и не может быть заменена эмпирическими достижениями науки, как бы они ни были велики. Диалектический материализм учит, что путь познания природы человеком идет от изучения непосредственных явлений к раскрытию их сущности, к познанию их законов. При этом каждый шаг познания природы проверяется практикой и через эту проверку приводит к истине. В. И. Ленин писал: «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности»².

Среди наук, испытывавших коренную ломку идей, находится и наука о жизни. Генетика в наши дни занимает ключевые позиции в биологии. Развитие генетики подошло к такой стадии, когда возникли реальные возможности познания законов генетики, а отсюда и нахождения путей управления наследственностью, влияния на формирование организмов, решения мно-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 277.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 152—153.

гих проблем борьбы с болезнями, значительного расширения пищевых ресурсов человечества. Выяснение вопроса о сущности жизни в свете данных новой генетики окажет огромное влияние на жизнь человечества. Поэтому наряду с математикой и физикой биология выходит на передний край науки и также становится лидером естествознания.

*О материальных основах наследственности.
Понятие гена. Жизнь как особая форма
существования открытых материальных
систем*

В основе современной генетики лежит теория гена. Эта теория была создана на основе новых принципов биологии XX в., разработка которых имела величайшее значение для материалистического познания природы. Эти принципы были проверены практикой эксперимента и практикой производства. Они революционизировали старую биологию и привели к диалектическому материализму в познании сущности жизни. В этом процессе создания новой биологии важнейшее значение имело установление материальных основ такого коренного свойства жизни, как явление наследственности.

Познание природы любых явлений жизни требует раскрытия их физико-химических основ. На это указывали классики марксизма. Так, в «Диалектике природы» Ф. Энгельс писал: «Лишь после того как эти различные отрасли познания форм движения, господствующих в области неживой природы, достигли высокой степени развития, можно было с успехом приняться за объяснение явлений движения, представляющих процесс жизни. Объяснение этих явлений шло вперед в той мере, в какой двигались вперед механика, физика и химия. Таким образом, в то время как механика уже давно была в состоянии удовлетворительно объяснить происходящие в животном теле действия костных рычагов... физико-химическое обоснование прочих явлений жизни все еще находится почти в самой начальной стадии своего развития»¹.

В. И. Ленин отмечал, что в живом нет ничего, кроме тех же атомов, которые составляют основу неживого. Дело лишь в их особой организации, в особой форме движения. В книге «Материализм и эмпириокритицизм» он писал: «... в ясно выраженной форме ощущение связано только с высшими формами материи (органическая материя)... на деле остается еще исследовать и исследовать, каким образом связывается материя, якобы не ощущающая вовсе, с материей, из тех же атомов (или

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 391.

электронов) составленной и в то же время обладающей ясно выраженной способностью ощущения. Материализм ясно ставит нерешенный еще вопрос и тем толкает к его разрешению, толкает к дальнейшим экспериментальным исследованиям. Махизм, т. е. разновидность путаного идеализма, засоряет вопрос и отводит в сторону от правильного пути...»¹

Разработка учения о материальных основах наследственности, т. е. о сущности воспроизведения форм жизни по поколениям, привела к созданию хромосомной теории наследственности. Основной единицей жизни служит клетка, имеющая ядро и цитоплазму. Ядро содержит нитевидные структуры в виде полимеров, составленных из белков и нуклеиновых кислот; эти структуры получили наименование хромосом. Выяснилось, что именно вещества хромосом преимущественно содержат материальные структуры, с которыми связано явление наследственности организмов.

Хромосомы оказались глубоко дифференцированными на качественно разные структуры, получившие название генов. Гены лежат в хромосоме в линейном порядке, и каждый из них имеет свое молекулярное строение. Учение о гене быстро встало в центр теоретической биологии. Появился поток работ, посвященных изучению расположения генов внутри хромосом, их структуры, взаимодействия генов друг с другом в процессах развития особи и т. д. Гены оказались способными многообразно изменяться (мутировать), что повело к созданию теории мутации. Новые данные генетики перестроили методы селекции растений и животных.

В нашей стране проникновение научной генетики в селекцию замечательно выразил и обосновал Н. И. Вавилов.

Материалистическая диалектика — это общая теория развития как самой материи (природы и общества), так и отражения этого развития в сознании людей. В истории биологии в течение двух тысячелетий шла борьба между идеализмом и материализмом. Идеализм упорно цеплялся за явление наследственности, изображая его в качестве нематериального свойства жизни.

История развития генетики в философском плане была исполнена противоречий. После открытия законов наследственности, обоснования теории гена, теории мутаций и хромосомной теории наследственности долгое время на авансцену выходили метафизика и идеализм, рядясь в тогу модных в свое время, но чуждых материализму теорий вроде махизма, неовитализма и др.

Для обоснования принципов диалектического материализма в биологии коренное значение имели успехи, достигнутые в мо-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 39—40.

лекулярной генетике за последние пятнадцать лет. Эти успехи раскрыли химическую природу гена. Оказалось, что ген — это участок молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Цепь ДНК состоит из нуклеотидов, представляющих собой соединение остатка сахара, фосфорной кислоты и азотистого основания. Первые два компонента одинаковы во всех молекулах ДНК. Специфика генов связана с различными сочетаниями четырех азотистых оснований — аденина, тимина, цитозина и гуанина, которые в числе нескольких сот нуклеотидов входят в состав отдельных генов. Порядок азотистых оснований внутри гена составляет его код, т. е. тот язык управляющей системы, при помощи которого ген, передавая свою информацию в клетку, определяет ту или иную сторону развития и жизни клетки и организма в целом.

Понятие гена наполнилось физиологическим и биохимическим содержанием, было показано, что код гена, т. е. его молекулярная структура, программирует в клетке синтез белков. Это программирование имеет сложный характер. Сначала на молекуле гена, как на матрице, синтезируется молекула особой информационной рибонуклеиновой кислоты (и-РНК). Молекулы и-РНК в процессе их синтеза воспринимают информацию, записанную в гене. Затем, попадая в цитоплазматические структуры, носящие название рибосом, эти молекулы и-РНК в соответствии с кодом гена специфически расставляют аминокислоты при синтезе молекулы белка.

Сами гены в каждом клеточном поколении самоудваиваются, в чем важную роль играют белки в виде специальных ферментов. Путем такой ауторепродукции для каждой новой клетки гены строятся заново из азотистых оснований и других веществ, синтезируемых в цитоплазме. Все это вовлекает гены в метаболизм и подвергает их действию факторов внешней среды. В результате гены, эти блоки генетической информации, претерпевают бесконечные изменения (мутации) на основе преобразования их молекулярного строения.

Раскрытие химической природы генетического материала обусловило коренные изменения классических представлений о гене как о неделимой корпускуле, единице функции, мутаций и рекомбинаций. На самом деле ген оказался структурно и биохимически сложной системой.

Эти новейшие исследования открыли в клетке, в пределах гена и в комплексе генов (генотипе), новый, громадной сложности микромир, обладающий единством целостности и бесконечной делимостью. В целом генотип представляет собой своеобразное «программирующее устройство», содержащее информацию, в соответствии с которой осуществляется жизнь клетки, развитие особи и ее жизнедеятельность. Эта наследственная информация является итогом исторического развития данного

вида организмов и материальной основой будущей эволюции. Учение о генетическом коде открыло широкие возможности для внедрения методов кибернетики в биологию и широкого использования моделирования.

Основной методологической слабостью старого учения о гене был механицизм и автогенез. Механицизм пытался утвердиться в генетике исходя из идеи о неделимости гена, из представления, что генотип — это мозаика генов, а организм (фенотип) — это мозаика признаков. Метафизика и автогенез в старом учении о гене более всего выражались в отрыве генов от обменных процессов в организме и от действия факторов внешней среды, что дало почву для автогенеза, игнорирования диалектических связей внутреннего и внешнего. В старых представлениях каждый ген изображался как вечно равный себе, неизменный элемент. Эти ошибки прошлого преодолены. Теперь во весь рост встает проблема единства внешнего и внутреннего, детерминизма в явлении мутации генов и общей разработки диалектико-материалистических принципов теории развития для познания явлений последственности.

В истории учения о гене как в зеркале отразилась роль философии в развитии науки. В начале века под влиянием идеалистической философии в генетике господствовал автогенез, согласно которому гены не испытывают развития и не меняются под воздействием внешних факторов. Это отводило науку и практику от правильного пути. С точки зрения диалектического материализма такая позиция всегда признавалась ошибочной. Г. А. Надсон, Г. С. Филиппов, Г. Меллер экспериментально обнаружили, что радиация вызывает громадную изменчивость генов. И. А. Раппопорт, Ш. Ауэрбах показали существование мощных химических мутагенов. В результате современная теория мутаций строится на признании возможности бесконечных изменений и беспредельного развития любого гена.

Эта теория проложила новые пути практике. А. А. Сапегин и Л. Н. Делоне впервые стали получать радиомутанты у пшениц. В наши дни мутагенная селекция растений широко входит в практику, способствуя решению таких важных проблем, как создание иммунных пшениц, неполегасмых сортов растений и т. д. Особую роль новая генетика сыграла в развитии индустрии антибиотиков, витаминов, аминокислот и ряда других веществ.

Можно с полным правом сказать, что селекция микроорганизмов, являющаяся основой микробиологической промышленности, — это детище молекулярной генетики и теории гена. Биологические проблемы дальних полетов космических кораблей также будут решаться с широким использованием современных достижений генетики. То же касается проблем защиты наслед-

ственности будущих поколений человечества от повышения фона радиации на Земле и от вредных эффектов химических и других мутагенных факторов.

Генетика, преодолевая ошибки идеализма и метафизики, вышла в теории гена на новую дорогу, освещенную диалектическим материализмом, и на этой основе раскрылись ее глубокие связи с жизнью и практикой.

Важной чертой новых открытий в проблеме гена является обнаружение всеобщности материальных основ наследственности для жизни на Земле в целом. Вскрытие единства в качественном многообразии природы является одной из главных задач науки. В. И. Ленин писал в «Философских тетрадах»: «...всеобщий принцип развития надо соединить, связать, совместить с всеобщим принципом *единства мира*, природы, движения, материи etc.»¹.

Открытие материальной природы гена как отрезка молекулы ДНК с громадной силой выразило принцип единства органического мира. Молекулы ДНК оказались тем материальным субстратом, в котором записана генетическая информация почти всех живых существ на Земле. Трудно представить себе более глубокое доказательство единства жизни, общности ее происхождения и взаимообусловленности ее истории. Исторический метод имеет огромное познавательное значение. В. И. Ленин писал: «... самое важное, чтобы подойти к этому вопросу с точки зрения научной, это — не забывать основной исторической связи, смотреть на каждый вопрос с точки зрения того, как известное явление в истории возникло, какие главные этапы в своем развитии это явление проходило, и с точки зрения этого его развития смотреть, чем данная вещь стала теперь»².

Эволюция жизненных форм протекает на основе клеточных систем, их особенности изменяют специфику каналов связи между поколениями. У высших форм важнейшее значение имеет сложное явление индивидуального развития особи, без которого для них не может реализоваться и явление наследственности. Встает проблема принципов и форм программирования со стороны генетической информации индивидуального развития особи. Здесь трудности состоят в том, чтобы понять, как программируется целостность в развитии особи.

Проблема гена еще далека от своего решения. Важнейший вопрос о роли гена в синтезе белков исследован глубоко. Однако многие сокровенные стороны его структуры и функции нам еще неясны. Предстоит долгий путь углубления в дискретные

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 229.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 39, стр. 67.

основы жизни. Вместе с тем уже очевидно, что именно понимание жизни как системы позволит достигнуть наибольших успехов в познании сущности жизни и основ индивидуального развития особи. Методологический анализ проблемы целостности жизни обещает много. Он должен развить и углубить те изменения в философских воззрениях на жизнь, которые достигнуты благодаря успехам молекулярной генетики.

Исходя из фактов можно сказать, что жизнь на Земле — это интегральное существование ДНК, РНК и белков в форме индивидуализированных личных и видовых, целостных, структурно-биохимических, саморегулирующихся открытых систем со свойствами воспроизведения исторически развивающихся форм генетической информации. Настало время изучить важнейшие методологические принципы единства дискретности и целостности в структурно-системных основах жизни как высшей формы развития материи.

Раскрытие системности живого поведет нас к познанию сущности жизни и к овладению этим явлением во всей его историчности и сложности. Однако мост между живым и неживым вначале должен быть перекинут путем экспериментального воспроизведения, а затем и создания «живых молекул» ДНК и РНК.

В 1967 и 1968 гг. были решены две задачи принципиального значения для развития проблемы гена. Группа А. Корана разработала методы синтеза молекул ДНК с заданной последовательностью нуклеотидов на уровне гена. Так был синтезирован ген аланиновой дрожжевой транспортной РНК в составе около пятидесяти нуклеотидов. Группа А. Корнберга создала искусственные условия, при которых по матрице вируса шла ее ауторепродукция. Так были найдены подходы к созданию «живых молекул». Искусственное создание живой клетки — единственной известной нам самоорганизующейся живой системы — это дело будущего.

Все наследственные болезни и дефекты человека имеют в своей основе наличие в клетках организма дефектных генов. Теперь, после того как доказано, что гены могут быть воспроизведены в искусственных условиях, в принципе открыты горизонты для обоснования и применения в медицине способов генотерапии. В результате можно будет уничтожить недуги, которые мучат человечество в течение всей его истории, такие, как заболевания сердечно-сосудистой системы, рак, слабоумие, карликовость, кровоточивость и многие другие, а также бактериальные и вирусные заболевания.

Человек преодолет недостатки своей биологической природы. Опираясь на теорию гена в приложении к генетике человека, будущим исследователям придется решать много принципиально новых задач.

*Проблема целесообразности,
факторы исторического
развития организмов,
контроль над эволюцией видов*

Целесообразность в органическом мире — это важнейшее свойство жизни, определяющее организацию, функции и поведение живого. От строения гена у вирусов и до высшей нервной деятельности человека — все пронизано целесообразностью. Целесообразность не изначальное, а исторически приобретенное свойство каждого из видов, создававшееся в качестве его приспособительного ответа на действия окружающей среды. Как и все эволюционные свойства, целесообразность запрограммирована в генетическом материале. Именно благодаря наличию генетически запрограммированной целесообразности на всех уровнях жизни — от молекулярного до организменного — в развитии каждой особи решаются целевые задачи, без чего невозможна жизнь. Индивидуальное развитие человека начинается с одной оплодотворенной яйцеклетки. В такой клетке заключается программа развития целой особи. Клетка в определенных условиях, реализуя цель, поставленную генетической программой, проходит в сжатые сроки гигантские этапы исторически обусловленного развития.

В течение тысячелетий наличие целесообразности организмов использовалось телеологией для упрочения религиозных догм. Этот же факт был ложно истолкован в идеалистических воззрениях в биологии, получивших название витализма. Виталистическая идея о наличии в организмах изначальных нематериальных факторов имеет многовековую историю, которая берет свое начало в учении Платона о душе и учении Аристотеля об энтелихии. В конце прошлого и в начале текущего столетия витализм пропагандировали Я. Икскуль, Г. Дриш, А. Венцль и др.

Значение теории Ч. Дарвина в первую очередь заключалось в том, что она с материалистических позиций сумела найти причины появления целесообразности органических форм. Дарвин показал, что целесообразность возникает на основе деятельности естественного отбора, наследственности и изменчивости. Он раскрыл единство случайности и необходимости в становлении целесообразности. Эти воззрения Дарвина в современной генетике завершились величайшим триумфом диалектического материализма, который фактически явился философской основой решения коренного вопроса эволюционного учения — установления роли мутаций в эволюции и селекции.

Классики марксизма в свое время высоко оценили теорию Дарвина. Ф. Энгельс считал, что решение вопроса о соотношении объективной случайности и необходимости составляет зер-

но всей теории Дарвина; он писал в «Диалектике природы»: «Дарвин в своем составившем эпоху произведении исходит из самой широкой, покоящейся на случайности, фактической основы. Именно бесконечные случайные различия индивидов внутри отдельных видов, различия, которые могут усиливаться до выхода за пределы видового признака и у которых даже ближайшие их причины могут быть установлены лишь в самых редких случаях, именно они заставляют его подвергнуть сомнению прежнюю основу всякой закономерности в биологии — понятие вида в его прежней метафизической окостенелости и неизменности»¹.

Задача науки состоит в поисках внутренних необходимых связей, которые скрываются за многообразными случайными событиями. Однако случайность представляет собой форму проявления необходимости. Последнее показывает, что анализ случайных событий может явиться и часто является на деле путем для раскрытия необходимости.

В генетике исследование, заложившее ее основу, — открытие Г. Менделем основных законов наследственности — явилось триумфом научной значимости категорий случайности и необходимости. Анализируя последствия случайного сочетания гамет с разными аллелями, Мендель открыл законы расщепления, глубоко вскрыв тем самым биологические процессы наследственности.

Начиная с 40-х годов XX в. открытие Менделя легло в основу генетического истолкования проблем эволюции. Генетики же начала XX в., неправильно истолковав отношение менделизма к дарвинизму, отступили от диалектических и материалистических позиций Дарвина. Часть генетиков того времени встали на вульгарно механистические позиции, активно проповедовали агностицизм, широко распространяя идеалистические взгляды на природу гена и природу мутаций. Де Фриз пытался обосновать учение о катастрофическом появлении видов посредством скачков, которые объясняются якобы только внутренними причинами. Он полагал, что наследственная изменчивость сразу создает приспособления без их эволюционного исторического становления. В. Бэтсон выступил с гипотезой присутствия — отсутствия, по которой появление наследственных изменений и все процессы эволюции представлялись в качестве различных ступеней внутренней обусловленной деградации наследственности, распада какого-то исходного генотипа, в котором в потенции были заложены возможности всей эволюции организмов. В 1912—1916 гг. выступил Лотси с идеей, что гибридизация является единственной основой эволюции. Он полагал, что как неорганический, так и органический мир базируется на комбинаторике определенно-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 535.

го числа неизменных элементов. В первом случае кирпичами материи являются химические элементы, во втором — жизнь разлагается на известное число неизменных генов.

Великой заслугой Ч. Дарвина является то, что он изгнал из биологии старое метафизическое представление об абсолютной преддетерминированной необходимости, которая была навязана природе божественным законом. Факторами исторического развития, по теории Дарвина, является естественный отбор, объективно случайная, неопределенная изменчивость и явление наследственности. Этим открытием Дарвин показал, что эволюция не осуществляет никаких предустановленных целей и не определяется никакими целесообразными побуждениями самих организмов. Целесообразность — это то историческое приобретение организмов, которое необходимо определяется их связью с внешней средой, но при этом создается отбором из объективно случайных уклонений. Отмечая тот факт, что теория естественного отбора дает единственно правильное объяснение происхождения органической целесообразности, К. Маркс в письме к Ф. Ласкалю от 16 января 1861 г. писал: «...здесь впервые не только нанесен смертельный удар «телеологии» в естествознании, но и эмпирически объяснен ее рациональный смысл»¹.

Выяснение разумного значения целесообразности достигло новых принципиальных высот благодаря появлению глубокого синтеза дарвинизма и генетики. Современная генетика популяций, начало которой было положено статьей С. С. Четверикова, опубликованной в 1926 г., показала, что процессы появления новых видов базируются на законе единства и борьбы противоположностей. Возникновение мутаций в естественных условиях, появление их сложных комплексов, поведение популяций как единых наследственных систем (менделевских популяций), действие отбора — все эти факторы эволюции в их органическом единстве были изучены в громадном числе экспериментальных и теоретических исследований. Было показано, что мутации причинно обусловлены, однако, не будучи целесообразными, они в отношении приспособительных свойств видов являются объективно случайными изменениями. Часть из них оказываются полезными и под действием отбора распространяются в популяции. Они вызывают полиморфизм внутри вида, становятся достоянием всех особей популяции, подвиды и, наконец, преобразуют свойства целых видов. Отрицательные мутации не просто выбрасываются, они в значительном числе могут «заражать» видовой генотип, обуславливая появление в популяциях «генетического груза». Все эти процессы эволюции популяций связаны с нарастанием количественных изменений, что завершается качественными скачками при появлении видов. Исследование

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 30, стр. 475.

этих количественных изменений привело к широкому творческому применению математики в генетике популяций.

Работы по экспериментальному и теоретическому анализу генетических процессов в эволюции утвердили дарвинизм в генетике и показали значение исторического метода и теории развития для понимания сущности самой наследственности и изменчивости. Эволюционная идея пробивалась в генетике через ряд направлений. Их объединение к настоящему времени привело к синтетическому разностороннему генетико-морфологическому подходу к проблемам эволюции и селекции. В наши дни генетика популяций приобрела большое значение в медицинской генетике. Ряд вопросов, связанных с появлением, распространением и лечением наследственных болезней человека, решается благодаря широкому применению данных по генетике популяций.

Генетика популяций — это одна из наиболее стремительно развивающихся областей общей генетики. Объем знаний в этой новой области растет с каждым годом. Данные генетики популяций насущно необходимы эволюционисту, селекционеру, систематике, экологу, общему биологу, философу. Перед нею открыта дорога исключительно успешных исследований в теории и практике. В прошлом рассмотрение законов эволюции основывалось исключительно на анализе изменений формы организмов. Генетика популяций проникла в содержание процесса эволюции и на этом пути раскрыла реальный механизм действия наследственности, мутаций и отбора.

Н. И. Вавилов определял селекцию как эволюцию, управляемую волей человека. В настоящее время эволюция множества форм жизни в природе начинает испытывать на себе влияние деятельности человека. Бурный рост науки и техники делает особенно актуальной проблему отношения между человеком и природой. Ускоренная индустриализация всех стран мира, химизация народного хозяйства, возрастание уровня радиоактивности и многие другие факторы промышленного развития воздействуют на биосферу и существенно влияют на процессы естественной эволюции живых организмов. Во весь рост встает проблема разумного контроля над эволюцией жизни на земле. Охрана природы и приумножение ее богатств неотделимы от задач преобразования природы. Источники болезней и другие вредные начала должны быть побеждены.

Перед генетической теорией эволюции стоят громадные задачи. Необходимо конкретно раскрыть деятельность отбора, наследственности и изменчивости в популяциях; выяснить сущность преобразований генетических систем, происходящих на базе интегрированных комплексов генотипов, законы исторического развития в разных группах организмов, роль генотипической детерминации процессов макроэволюции и т. д. Более

того, в дальнейшем для решения проблем контроля над эволюцией видов необходимо будет во многом преобразовать объективно случайную основу естественного мутирования и создать методы вызывания потоков направленной изменчивости органических форм. В этом отрицании законов естественного мутагенеза кроется величайшая возможность для целенаправленной селекции и управления эволюцией жизни на Земле.

Проблема мутаций. О сущности и явлениях при возникновении наследственной изменчивости организмов

Явление мутаций — это основа эволюции, селекции и наследственной изменчивости всего органического мира. Это то неустранимое движение органической материи в генетическом материале, которое обуславливает вечный процесс появления нового. Теория мутаций неразрывно связана с теорией гена, учением о хромосомах и с философской категорией причинности.

В истории этого вопроса с особой яркостью проявилась роль методологии в познании явления. Потребовалась длительная борьба против механических и идеалистических воззрений, прежде чем генетика пришла к пониманию того, что явление мутаций протекает по законам диалектико-материалистического детерминизма. Дальнейшая разработка этой проблемы выдвигает перед исследователями задачу глубокого развития философских основ научного познания природы. «...Естествознание, — писал В. И. Ленин, — прогрессирует так быстро, переживает период такой глубокой революционной ломки во всех областях, что без философских выводов естествознанию не обойтись ни в коем случае»¹.

Фактическая сторона явления мутаций в настоящее время изучена очень подробно. Раскрыта глубокая диалектика происходящих здесь событий. Сейчас ясно, что беспричинных мутаций не существует. Факторы мутаций лежат в диалектических связях внешнего и внутреннего, которые в своем действии преломляются через специфику генов и живых систем в целом.

Вопрос о причинности является одним из главных водоразделов в борьбе между идеализмом и материализмом. Материализм считает причинные связи присущими самим вещам, существующим вне и независимо от сознания. Причинность имеет объективный и всеобщий характер.

Диалектический материализм, опираясь на достижения науки и практики, утверждает существование универсального взаимодействия предметов и явлений мира, их всеобщую законо-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 45, стр. 31.

мерную связь, моментом которой служит причинное отношение. Причинность представляет собой, как указывал В. И. Ленин, лишь часть мировой связи; причина и действие лишь звенья в цепи развития материи. В. И. Ленин говорит, что при решении задачи надо найти то особое, основное звено в цепи событий, опираясь на которое можно вытянуть всю цепь.

Когда мы обращаемся к отдельному акту мутации, перед нами возникает ясная картина детерминированности событий, что очень четко регистрируется при искусственном мутагенезе. Так, обрабатывая клетки алкилирующими соединениями, мы вызываем алкилирование преимущественно гуанина через азот в седьмом положении. В случае действия на фаги азотистой кислотой или акридином нам ясны те определенные изменения молекул ДНК, которые они вызывают. Имеются мутагены, которые, поражая определенные типы генов, вызывают картину специфичности мутирования. Все это позволило сформулировать положение, что качество мутаций определяется качеством воздействующего фактора. Означает ли это, что знание полной причины имеет место при изучении естественных мутаций и при анализе всей массы опытов по искусственному мутагенезу? К сожалению, это не так. Формы связей между генетическим материалом и факторами внешней и внутренней среды исключительно сложны. В основе этих связей лежат причинные отношения необходимого и случайного, существенного и несущественного, внутреннего и внешнего. В результате причинные отношения в организме при вызывании мутаций оказываются зависящими от множества факторов, что определяет статистический характер интегрального процесса мутаций. Именно это обстоятельство обуславливает то, что с точки зрения приспособленности организмов к условиям среды мутации представляют собой объективно случайные изменения. Однако объективная случайность — это не абсолютная случайность.

В генетике есть исследователи, которые полагают, что отдельные изменения генов принципиально не детерминированы. Однако внимательный анализ показывает, что внутри каждого вида процессы мутации при всей их внешней хаотичности отражают внутренний закон, прокладывающий дорогу через случайности. Эта особенность выражается в наличии известных ограничений в многообразии мутаций, в сходстве наследственной изменчивости у близких видов.

Имеется точка зрения, согласно которой внутренняя необходимость при мутациях основана на тенденции к приспособительной направленности мутаций благодаря программированию со стороны генотипа. В результате якобы имеется общее соответствие между качеством приспособительных изменений наследственности и качеством воздействующих факторов среды. Однако такая постановка вопроса неверна в свете органической

детерминированности мутаций. Игнорирование этого обстоятельства лишает мутационный процесс его основной черты, связанной с проявлением категории объективной случайности при необходимом становлении приспособительных свойств видов.

В генетике популяций введено понятие об эволюционном гомеостазе, которое означает эволюционную устойчивость популяций и видов в ответ на изменения в среде обитания. Мы знаем, как быстро растения, животные и микроорганизмы изменяют свою наследственность, приспособляясь к изменениям в среде, вызываемым деятельностью человека. Изменения химической обстановки часто связаны с введением в среду веществ, которые до того никогда не действовали на организмы, и тем не менее популяции быстро приобретают приспособительные свойства. В этом случае ни о каком соответствии полезных качеств мутаций качеству действующего фактора не может быть и речи.

Все эти процессы эволюции зиждутся на использовании новых объективно случайных мутаций, а также генотипических резервов популяций, опираясь на которые отбор быстро интегрирует новые приспособительные генотипы. В общем плане можно сказать, что эволюционный гомеостаз мыслим только при строгом сохранении закона объективной случайности мутаций. Имеется немало фактов, свидетельствующих, что особенности мутаций определяются генотипическими факторами. Это показывает, что способность генов многообразно, разнонаправленно изменяться в ответ на одни и те же мутагенные факторы генотипически запрограммирована. Природа миллионами лет создавала основы эволюционного гомеостаза, генетически запрограммировав основу для появления объективно случайных мутаций. Диалектика событий здесь такова, что исходная неприспособленность мутаций выступает как глубочайше закрепленное эволюционное приспособительное свойство. Объективная случайность мутаций, преломляясь через призму отбора, создает необходимость в виде приспособленности признаков.

Это касается не только высших организмов, но и бактерий и вирусов. Объективная случайность мутаций — это один из наиболее глубоких законов исторического существования организмов. Он отражает важнейшее эволюционное приспособление, без которого не было бы безграничной эволюции жизни в ответ на появление все новых и новых условий внешней среды. Конечно, в каждом виде и в каждой популяции имеется определенное ограничение «степеней свободы», связанное с наличием определенного исторически общего комплекса генов. Честь раскрытия этого явления принадлежит Н. И. Вавилову, сформулировавшему закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Однако в пределах этих ограничений все равно решающее значение имеет закон объективной случайности мутаций. В таком решении вопроса о природе мутации нет никаких элементов абсо-

лютизации случайности генетических изменений. Взаимодействие генетической системы со средой идет не через механические связи, а путем органической детерминации. Факторы среды преломляются через специфику живой системы, которая сама активно через обменные процессы их трансформирует. Наконец, гены способны многообразно меняться при сходных воздействиях. В результате появляется поток генотипического разнообразия, который по отношению к исходным факторам среды состоит из объективно случайных мутаций. Что касается детерминированности самого явления мутаций, то она очевидна из того факта, что сейчас мы научились при помощи радиации, разных химических факторов и других воздействий вызывать многообразные формы мутаций в огромных количествах. В работах по химическому мутагенезу показано специфическое мутирование. Однако законы объективной случайности пока все еще довлеют над событиями, идущими и при искусственном вызывании мутаций.

Попытки изображать естественные мутации как адекватный приспособительный ответ на влияние внешних факторов есть не что иное, как неоправданное упрощение сложных зависимостей живого организма до уровня причинно-следственных отношений. Это типичный механистический подход, не учитывающий переходов от одного типа связей к другому. По отношению к естественному мутагенезу во множестве действуюте случайные факторы, в результате чего явление естественных мутаций определяется не непосредственными и однозначными связями, а требует статистического анализа. Подводя итоги соображениям о законах естественного мутирования, можно сказать, что в их основе лежит внутреннее неустранимое движение в генетическом материале, поскольку гены на основе единства внутреннего и внешнего вовлечены в обменные процессы в клетке, без которых нет жизни. Формы этого движения определяются, с одной стороны, историческими особенностями генотипов, что зафиксировано в законе Вавилова, с другой стороны, наличием программы для решения целевой задачи, требующей проявления объективной случайности мутаций. Первое свидетельствует о наличии исторических связей между видами, т. е. о прошлом в эволюции. Второе составляет зерно всех безграничных возможностей текущей и будущей эволюции в ответ на любые изменения условий среды через реализацию единства случайного и необходимого.

В свете понимания того факта, что естественное мутирование управляется системой органической детерминации, вполне понятно отрицательное отношение к утверждению о возможности наследования так называемых благоприобретенных признаков. Диалектические связи внешнего и внутреннего в целостных живых системах исключают причинно-следственные отношения

между изменением признаков целого организма и адекватными изменениями молекулярных структур генов. Изменение организма может изменить ход процесса мутаций, но не нарушить его объективно случайного характера.

В истории биологии механистическая идея об адекватном унаследовании благоприобретенных свойств, основанная на смешении сущности и явления, с удивительной стойкостью сохранялась на протяжении тысячелетий. Организмы могут получать новые признаки двумя путями. Во-первых, в результате изменений их наследственности. Эти признаки приобретаются организмами при помощи мутаций, вызываемых действием факторов внешней и внутренней среды. Такие признаки являются генотипическими, они строго передаются по наследству в виде доминантных, сверхдоминантных, кодоминантных, полудоминантных и рецессивных аллелей или изменений хромосом. Во-вторых, организмы в процессах индивидуального развития могут изменяться как целостные морфофизиологические системы, что не влечет за собой адекватных изменений в их молекулярных наследственных структурах. В этих случаях изменения появляются на базе сохраняемых генотипических систем в пределах свойственных им норм реакций. Все такие личное благоприобретенные признаки являются фенотипическими и по наследству не передаются.

Фенотип — это явление, а генотип — это сущность, имманентная организму; их изменения не безразличны друг другу. Изменения сущности (генотипа), преломляясь через процессы целостного развития, ведут к определенным изменениям явления — фенотипа. Изменения фенотипа, преломляясь через систему органического детерминизма, являются фактором мутаций.

Долгое время эти истины, ныне столь очевидные в свете данных современной генетики, не доходили до сознания исследователей, лишь точные факты и строгий теоретический анализ показали, что взаимодействие явления и сущности в проблеме наследственности далеко не укладывается в обычные представления о причинно-следственных связях между внешним и внутренним. В науке имеется немало опровергнутых «самоочевидных» истин. Так, в свое время казалось самоочевидным, что Солнце вращается вокруг Земли. Понадобилось длительное развитие астрономии, чтобы Солнце и Земля в представлении людей встали на свои места.

Соотношение генотипа и фенотипа в эволюции организмов предстает как взаимодействие формы и содержания. Источником эволюции является борьба противоположностей содержания и формы, где форма (фенотип) выступает в качестве консервативной стороны. Переход количества в качество снимает отрицательные стороны старого так, что новое содержание обеспечивает адекватную ему новую форму. При этом в процессах

эволюции форма (фенотип) не пассивна — регулируя направления отбора, она коренным образом влияет на процессы, определяющие содержание (генотип). Процессы эволюции имеют свои критические периоды, когда изменения во внешней среде вызывают коренные преобразования свойств видов. Эти периоды можно сопоставить с эпохами социальных революций, которые сменяют длительные периоды так называемого мирного развития. В эти моменты внутри вида мобилируются громадные резервы наследственной изменчивости, возникают отклонения фенотипов в ответ на действие среды, изменения наследственного содержания вида и формы его борьбы за жизнь становятся импульсивно быстрыми и разнообразными.

Перед нами возникает «чудо» переломных моментов в процессах видообразования. Это касается, в частности, биологических основ появления человека. Говоря об аналогичных процессах в сфере социальных событий, В. И. Ленин писал: «Чудес в природе и в истории не бывает, но всякий крутой поворот истории, всякая революция в том числе, дает такое богатство содержания, развертывает такие неожиданно-своеобразные сочетания форм борьбы и соотношения сил борющихся, что для обывательского разума многое должно казаться чудом»¹.

Обращаясь к важнейшей проблеме всего учения о жизни, а именно к вопросу о направленности мутаций, надо ясно понимать, что диалектико-материалистическое понимание природы показало, что причинные связи носят многообразный характер. Специфические причины явлений мутаций раскрыты, однако для решения проблемы направленных мутаций нужно знание полной причины, т. е. обстоятельств, при наличии которых необходимо наступает следствие.

Трудно сказать, как будет решена эта величайшая задача естествознания. Во всяком случае ясно, что имеющиеся в наши дни подходы еще не отвечают поставленной задаче. Современная молекулярная теория мутаций имеет громадное значение, она раскрывает природу взаимодействия химических и физических мутагенов с молекулярной структурой ДНК. Показано, что эти реакции могут быть вполне специфическими. Однако эта специфичность идет на уровне отдельных нуклеотидов и их малых групп. Задача же состоит в целенаправленных изменениях генов, каждый из которых служит в клетке центром особых биохимических процессов. Чтобы достигать таких результатов, необходимо изменять гены как целостные системы. Пока мы еще не проникли в эти свойства генов. Вместе с тем сами конкретные изменения генов должны протекать через определенные молекулярные изменения. Для того чтобы целенаправленно изменять определенный нуклеотид в гене, надо осуществ-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т 31, стр 11.

вить не только специфичное химическое его взаимодействие с мутагеном, но и обеспечить, чтобы мутаген в системе гена узнал именно данный индивидуальный нуклеотид. Учитывая неповторимость системы каждого гена, это обеспечит выборочность атаки и ее повторяемость для каждого из генов. На этих основах при комплексности таких воздействий мыслимы любой сложности изменения в генах. В свете успехов работ по искусственному синтезу генов в будущем реальным будет синтез мутантных генов любых конструкций и их введение в систему генотипа клетки.

Наконец, следует отметить, что далеко не все стороны процессов мутаций нам известны. В последние годы стало очевидным, что взаимодействие между геном и мутагеном приводит к появлению лишь первичных химических изменений в хромосоме.

После этого до момента появления самой истинной мутации может проходить длительное время. Все это время участки метастабильно пораженных хромосом существуют в виде потенциальных изменений. Эти изменения обладают целым рядом свойств, понять их сущность с позиций современной молекулярной теории мутаций пока оказывается невозможным. Вместе с тем в течение своей жизни потенциальные изменения подвергаются различным модифицирующим влияниям.

Новая страница в проблеме мутации связана с обнаружением того факта, что клетка обладает особыми ферментными системами — охранителями молекул ДНК, несущих генетическую информацию. Эти ферменты вырезают из нитей ДНК первичные повреждения, наносимые им мутагенами. Возникающие здесь сложные процессы регулируют появление мутаций. Разработка проблем становления мутаций требует управления всеми внутриклеточными условиями, в системе которых идет становление мутационных изменений генов и хромосом. Задача состоит в том, чтобы направить процессы мутаций. Показано, что, управляя процессами мутаций, можно обеспечить появление идентичных поражений в обеих нитях ДНК, что ведет к полным мутациям, или сохранить повреждения в одной нити, создавая этим условия для получения мозаичных мутаций.

Для овладения процессом направленной изменчивости генов потребуются коренное изменение тех процессов в клетке, которые обеспечивают статистические закономерности становления мутационного процесса. Хорошо известно, что человек в процессе активной деятельности превращает в действительность нужные ему возможности, при этом некоторые возможности, крайне мало реализуемые в природе, благодаря искусственному созданию благоприятных условий могут стать основой новых отраслей науки и техники.

Влияние биологии на практику определяется тем, что она составляет теоретический фундамент сельскохозяйственных и медицинских наук. Практика не только является целью науки, но и служит средством познания.

Современная наука имеет громадное значение во всей жизни общества. В свое время она родилась из производственной деятельности человека. Единство производства и науки очевидно, однако нельзя забывать, что наряду с практикой производства существуют логика познания и практика эксперимента. Появились целые области экспериментальных и теоретических дисциплин, которые то объединяются с производством, то уходят далеко вперед, прокладывая пути в будущее. Мы видим, что в ряде случаев при изучении природы в форме, казалось бы совершенно абстрактной, как молнии вспыхивают открытия, которые прокладывают новые пути цивилизации. Недаром XXIII съезд КПСС и постановления ЦК КПСС последних лет указывают на необходимость всемерного развития теоретических исследований, требуя при этом максимального приближения науки к практике жизни. В Программе партии сказано: «Применение науки становится решающим фактором могучего роста производительных сил общества»¹.

Принцип единства теории и практики высоко поднимает значение фундаментальных исследований природы. В. И. Ленин писал: «Истина есть процесс. От субъективной идеи человек идет к объективной истине *через* „практику“ (и технику)»². Фундаментальные исследования раскрывают новые перспективы перехода возможности в действительность.

Через фундаментальные исследования, подготовленные ходом развития науки и практики путем создания теорий, отражающих коренные законы природы, наука приходит к достижениям, имеющим крупное практическое значение. Таков путь всех революционных преобразований, которые наука, сама развиваясь на базе производительных сил общества, вносит в практику. На наших глазах теоретические, экспериментальные науки, вызванные к жизни развитием производительных сил, пройдя этап созерцания и затем абстрактного мышления, т. е. после создания крупных теоретических обобщений, становятся материальной силой преобразования производства. Теория ядерной физики и новые экспериментальные методы привели к исполь-

¹ «Программа Коммунистической партии Советского Союза». М., 1968, стр. 125.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 183.

зованию атомной энергии; развитие математики — к появлению кибернетики — науки об управляемых системах; развитие химии — к появлению промышленности синтетических полимеров; развитие теоретической и экспериментальной генетики — к таким методам преобразования наследственности, как полиплоидия, гетерозис, радиационный и химический мутагенез и др. Сочетание новых наук и новой техники производства легло в основу создания космических кораблей. И чем крупнее теоретическая задача, решенная наукой, тем больше ее влияние на жизнь, на производство. Будущее нашей страны связано с наукой.

Главная задача естествознания состоит в том, чтобы открыть имеющиеся в природе возможности и в процессе практической деятельности преобразовать мир. Формулировка теоретических возможностей — это основа для разработки программы развития науки, расширение ее горизонтов. Мы подходим к штурму величайших загадок природы. Наука наших дней стремится решить загадки возникновения, существования и развития Вселенной, раскрыть тайны микромира, законы развития объектов на любой ступени развития материи. Не меньшее внимание исследователей привлекает проблема сущности, происхождения и развития жизни. Задача состоит в том, чтобы фундаментальные возможности, связанные с разрешением этих великих задач, в максимальной мере реализовались и были поставлены на службу мира, на благо человека.

Развитие генетики уже оказало серьезное влияние на уровень сельского хозяйства и медицины в нашей стране. Велики достижения советских селекционеров. В создании научных основ советской селекции исключительную роль сыграли Н. И. Вавилов и И. В. Мичурин. Сорта различных культур, полученные П. И. Лисицыным, П. Н. Константиновым, А. А. Сапегиним, А. П. Шехурдиным, П. П. Лукьяненко, В. С. Пустовойтом, Н. В. Цициным, В. Н. Мамонтовой, Ф. Г. Кириченко, В. Н. Ремесло, М. М. Хаджиновым, В. Е. Писаревым, А. Г. Лорхом и другими, подняли уровень нашего сельского хозяйства и изменили качество сырья.

Работами С. Н. Давиденкова, С. Г. Левита и других в нашей стране заложены основы медицинской генетики, которая ставит своей задачей раскрыть этиологию и дать методы лечения наследственных заболеваний человека.

В последние пятнадцать лет в генетике появилась возможность прямого эксплоатирования с молекулярными структурами, в которых записана генетическая информация организмов. Это оказалось возможным благодаря развитию физики, математики и химии, обеспечившим появление в экспериментальной генетике гигантских технических и новых методических средств.

Исключительные успехи физико-химического исследования молекулярных структур и процессов в живой клетке отнюдь не

направлены на механистическое сведение высших форм движения материи к низшим. Все эти новые методы раскрывают глубинные явления, лежащие в основе биологической формы движения материи. Они наносят окончательный удар по всем разновидностям идеалистических подходов к явлениям жизни как какой-то мистической сущности.

Развитие новой генетики осуществлялось через преемственность на основе связи нового со старым в процессе развития идей и методов. Характерной чертой диалектического развития, идущего через отрицание отрицания, является спиралеобразный характер развития. В. И. Ленин, указывая на эту важную черту диалектики, писал: «Развитие, как бы повторяющее пройденные уже ступени, но повторяющее их иначе, на более высокой базе («отрицание отрицания»), развитие, так сказать, по спирали, а не по прямой линии...»¹

Современные могущественные методы исследования генетического материала разработаны исходя из принципов хромосомной теории наследственности, теории гена и теории мутаций. Теперь на базе философии диалектического материализма в синтетическом объединении методов генетики, физики, химии и математики развязываются главные узлы проблемы о сущности жизни, ее происхождении и возможности создания могущественных методов управления жизнью. В центре событий стоит новая теория гена, воплотившая в себе как в фокусе современные методы исследования. В проблеме взаимодействия ядра, цитоплазмы и среды заключена главная загадка структурно-системных основных свойств жизни как органической целостной открытой системы.

Будущее генетики связано с развитием фундаментальных исследований. Оно зависит от методологии этих исследований и от связи генетики с практикой. Главнейшие принципиальные достижения, по-видимому, будут достигнуты: 1) в проблеме гена; 2) в раскрытии системных принципов в организации, процессах и развитии земной и внеземной жизни; 3) в генетике человека; 4) в разработке методов, революционизирующих практику генетики в сельском хозяйстве и медицине.

В проблеме гена заключены тайны материальных основ наследственности.

Исследователи проблемы гена идут по тернистым тропам науки, им предстоит сделать еще много открытий, неожиданных, ломающих наши старые представления. Они вошли в область генетических молекулярных структур и их функций, сложность которых превосходит все, что мы имеем в ядерной физике. Ведь речь идет о реальной возможности синтеза исходных форм жизни!

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 26, стр. 55.

Комплексность проблемы требует синтетического объединения мышления физика, химика, кибернетика, биохимика и генетика. С каждым годом все ощутимее будет влияние новых достижений на сельское хозяйство, медицину.

Разработка теории гена и ее философская диалектико-материалистическая трактовка являются базой для выполнения задач, поставленных Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану, которые предусматривают «дальнейшее изучение процессов, протекающих в живой материи, генетических закономерностей селекции микроорганизмов, растений и животных с целью создания новых, высокопродуктивных пород животных и высокоурожайных сортов растений; разработку проблем генетики наследственных заболеваний»¹.

На базе теории гена современная генетика в целом при исследовании растений, животных, микроорганизмов, вирусов и человека достигла больших успехов. Новое глубоко материалистическое развитие генетики обеспечивает ей место в ряду передовых наук, входящих в состав производительных сил коммунизма. Нельзя забывать, что человечество вступило в век атома, гена и космоса.

Раскрытие принципов целостности в организации живой материи — это условие проникновения в загадку жизни как одного из этапов развития материи во Вселенной. Триумvirат ДНК, РНК и белков, взаимодействуя в конкретных условиях организации и биохимии жизненных структур при определенных внешних условиях, создает качественную специфику явлений жизни. Здесь в комплексе с проблемой гена лежит загадка происхождения жизни, загадка реализации генетических программ при индивидуальном развитии, жизнедеятельности, загадка исторического развития клетки и организмов. Все это определяет пути разработки нового структурно-системного подхода к исследованиям клетки во всей ее органической целостности, при котором живая система выступает в единстве ее формы и функций.

Генетика человека требует к себе самого пристального внимания, ее проблемы имеют огромное значение для общей биологии, антропологии и медицины. В будущем значение генетики человека будет неуклонно возрастать. Понимание биологических основ человека, его биологического будущего, борьба с наследственными дефектами, борьба за здоровье, проникновение человека в необозримые пространства космоса — все это будет связано с развитием проблем генетики человека.

В работе по генетике человека основным является понимание, что человек в своем развитии исключил себя из эволюции животного царства. Это устраняет ошибки, допущенные в евгенике, и научно отвергает расизм. После завершения слитых во-

¹ «Материалы XXIII съезда КПСС». М., 1966, стр. 231.

едино процессов антропогенеза и социогенеза, которые привели к появлению человека, возникло необычайно сложное переплетение ведущих, социальных, и вторичных, биологических, факторов в жизни человека. Этот качественный скачок имел место в эволюции только человека.

Разработка методов генетики, революционизирующих практику, также требует самого серьезного методологического анализа. Наряду с созданием общих научных основ селекции генетика создала ряд принципиально новых путей в селекции растений, животных и микроорганизмов. К ним относится использование методов генетического управления гетерозисом, экспериментальной полиплоидии, радиационно-химической селекции и др. Роль этих новых методов в свете задач, встающих при необходимости решительного увеличения пищевых ресурсов мира, их соотношение со старыми классическими методами селекции — все это требует глубокого методологического анализа. То же касается новых направлений в медицинской генетике, таких, как цитогенетика человека, генетика популяций человека, лечение наследственных заболеваний, борьба с их распространением в популяциях, оценка влияния радиации и химических мутагенов на наследственность человека, проблема злокачественных опухолей, иммуногенетической несовместимости тканей и др. Впереди разработка таких фундаментальных проблем, как получение направленных мутаций, раскрытие природы генетического программирования при индивидуальном развитии и др.

Проблема жизни, которая в конечном итоге является главным, что интересует человека, оказывается в центре естествознания.

Уже началось практическое воздействие новых разделов биологии на мировые ресурсы продуктов питания и сырья и на медицину в ее борьбе за здоровье и жизнь человека. В ближайшем будущем это воздействие возрастет в громадной степени.

Управление жизнью, основанное на познании ее сущности, — это центральная проблема современной биологии. Главная цель биологии — решение практических задач сельского хозяйства, медицины и управление эволюцией в целом на нашей планете.

Необходимо создать условия для резкого подъема продуктивности растений, животных и микроорганизмов; овладеть новыми способами борьбы за здоровье, длительную юность и долголетие человека; разрабатывать методы управления генетическими процессами, лежащими в основе эволюции видов.

Залогом этого нового этапа является то, что в результате крупнейших достижений за последние двадцать лет генетика, заняв центральное место в биологии, вышла на передний край современного естествознания. Увлекая за собой всю биологию, генетика стала главной ареной глубокого приложения физики, химии и математики в исследовании вопроса о сущности жизни

и для разработки качественно новых путей управления наследственностью организмов.

Наступает пора глубокого союза генетики и селекции; генетики и медицины; генетики и науки о воспитании; генетики и биологических проблем, встающих при исследовании космоса; наконец, генетики и биологических проблем, связанных с внедрением в практику атомной энергии. Генетика как центральная наука о жизни становится не только важнейшей теоретической дисциплиной, но и наукой практической, которая глубоко проникает в жизнь и серьезно влияет на уровень современного развития производительных сил общества, связанных с сельским хозяйством и медициной.

Будущее, открывающееся перед генетикой, сулит человечеству неисчислимые блага. Генетика во всем объеме будет использована в борьбе за здоровье и благосостояние советского народа.

Достижения генетики по раскрытию материальной сущности явления наследственности, химической природы гена, биологической сущности явлений целостности в жизни и в развитии клетки, а также разработка могущественных методов управления жизнью, которые обеспечивают новые подходы к решению задач в сельском хозяйстве и в медицине, — важный этап в современном развитии диалектико-материалистических основ естествознания, орудие активного преобразования природы.

Раздел IV

**ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ
НАУК О ЗЕМЛЕ**

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
И СОЦИАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
НАУК О ЗЕМЛЕ

В. И. Ленин не раз критиковал взгляды последователей Мальтуса, вскрывая их ненаучность. Например, в большой статье «Аграрный вопрос и «критики Маркса»», разбирая очередные попытки мальтузианцев того времени (т. е. начала нашего века) отнести за счет якобы универсальных природных закономерностей беды и недочеты, возникающие в обществе в результате чисто социальных причин, он писал: «Итак: «закон убывающего плодородия почвы» вовсе не применим к тем случаям, когда техника прогрессирует, когда способы производства преобразуются; он имеет лишь весьма относительное и условное применение к тем случаям, когда техника остается неизменной»¹.

Истекшие десятилетия полностью подтвердили справедливость этого кратко и четко сформулированного положения, так

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 5, стр. 102.

же как и необходимость тщательного анализа всей проблемы взаимодействия общества и окружающей природы. Быстрый рост объема используемых человеком природных богатств, возрастание воздействия человеческого общества на природную среду, стремительное увеличение народонаселения вновь и вновь ставят вопросы о достаточности ресурсов нашей планеты для обеспечения нужд ее населения, об их целесообразном использовании, о предотвращении вредного воздействия общества на природу как в естественнонаучном, так и в социологическом плане. В связи с этим мы рассмотрим, разумеется в самых общих чертах, некоторые тенденции развития и социальные проблемы наук о Земле: геологии, географии, метеорологии, океанографии, геохимии и других наук.

Науки о Земле изучают явления, процессы, развертывающиеся в самом теле Земли, на ее поверхности, в океанах, в атмосфере, околоземном космическом пространстве, а также взаимодействие этих процессов между собой. Они имеют дело, как правило, с комплексными процессами, в которых взаимодействуют, переплетаются между собой самым сложным образом многочисленные физические, химические, а в наружных оболочках планеты также и биологические явления.

Долгое время наблюдения в естественных условиях и анализ их результатов были практически единственно возможным методом изучения природных явлений. Они и сейчас дают основную информацию наукам о Земле. В этом их существенное отличие от других наук, например от химии, физики, основных разделов биологии, где постановка эксперимента, т. е. воспроизведение изучаемого явления в контролируемых условиях, всегда была основным методом исследования.

Наряду с предметом наук о Земле и методом их исследований необходимо принять во внимание цели, стоящие перед ними. Как мне представляется, основной целью этих наук является выработка сведений, нужных обществу для эффективной организации его взаимодействия с природной средой. Разумеется, все науки в конечном счете дают обществу средства для взаимодействия человека с окружающим миром. Однако здесь идет речь о знаниях, которые непосредственно применяются при взаимодействии человека со стихийными явлениями, с объектами природной среды.

Науки о Земле, изучая конкретные природные объекты, стремятся описать, понять и построить в конечном счете количественную теорию свойственных этим объектам природных процессов с целью повышения эффективности использования ресурсов и свойств природной среды, защиты от неблагоприятных явлений и создания научной базы для развития техники преобразования природы. Основным фактором, определяющим

современное состояние наук о Земле, является, как нам кажется, уровень, характер и эффективность взаимодействия общества и природы.

Современная стадия взаимодействия общества и природы

Когда-то первобытный человек и необозримый, непонятный мир стихийных явлений стояли лицом к лицу. Природа и ее ресурсы были неисчерпаемыми с точки зрения потребностей небольшого человеческого населения планеты, мощь стихийных явлений представлялась бесконечной по сравнению с возможностями людей. Непреодолимые условия природной среды создавали узкие рамки, в пределах которых было возможно существование человека. Однако постепенно — сначала медленно, а затем все быстрее — положение стало меняться. Попробуем, хотя бы схематически, охарактеризовать нынешнюю степень освоения Земли, использования ее ресурсов и меру наших возможностей.

В течение многих сотен тысячелетий человеческие племена использовали для своей жизни ограниченные территории и имели — каждое в отдельности — представление лишь о весьма малой части земной поверхности. Только в последние тысячелетия получили развитие обмен, военные походы на большие дистанции и другие формы связи людей, главным образом в пределах одного континента. По существу лишь в XVI—XVII вв. возникли первые сколько-нибудь правильные представления о поверхности земного шара в целом, о его океанах и континентах, о народах, его населяющих. За последние пятьдесят лет было в основном завершено изучение и описание земной поверхности. Ликвидация немногих «белых пятен», оставшихся на карте мира, главным образом на просторах океана, будет, конечно, представлять серьезный научный интерес, но вряд ли может значительно повлиять на развитие общества.

Еще три-четыре столетия назад земная поверхность выглядела как обширное пространство с несколькими отдельными, слабо связанными друг с другом очагами человеческой деятельности. Развитие производства, быстрый рост населения расширили эти очаги и сейчас сливаются друг с другом. Изолированное и независимое в основном развитие человеческих обществ, отдельных цивилизаций в различных районах земного шара закончилось. В разбое колониальных захватов началось становление мировой экономики и международных отношений на планете. Возникновение и укрепление мировой социалистической системы, начало которой положило образование Советского государства, привели к новым формам взаимодействия стран и

народов, определили в современную историческую эпоху новую магистральную линию развития человеческого общества.

Общественные связи, передвижение людей, сырья, товаров в пределах всей Земли, когда-то являвшиеся весьма серьезными проблемами, в настоящее время требуют лишь незначительной доли общих затрат человеческого труда. Мировые экономические связи так преобразовали хозяйство стран, что лишь крупнейшие из них смогли бы поддержать современный уровень своего существования, замыкаясь в своих границах. Любая страна, любая часть человечества все более тесно связывается со многими другими, находящимися даже в отдаленных районах земного шара. Эти связи развиваются в областях экономики, политики, науки и культуры, мир становится все более единым и цельным, и, видимо, неслучайно, что в этот период начался выход человека за пределы планеты.

Всего лишь двенадцать лет назад запуск первого искусственного спутника Земли открыл космическую эру, однако к настоящему времени автоматические космические аппараты принесли значительную информацию о поверхности Луны, достигли района Марса, опустились на Венеру и приносят достоверные сведения из космоса с расстояний в сотни миллионов километров. Люди научились существовать и работать в ближней к Земле зоне космического пространства, приблизились к Луне и готовятся к дальним перелетам. Наука за последние десятилетия получила представление, правда пока что на основе косвенных данных, о структуре Вселенной до расстояния около 10^{22} км.

Существенно изменилось отношение к природным ресурсам. Когда-то многие из них ничего не значили для человека, а сейчас почти все вещества, составляющие земную кору, почти все виды природной энергии получили то или иное применение в хозяйстве. Круг практически используемых природных ресурсов (возобновляемых и невозобновляемых) особенно расширился в последние два-три десятилетия.

Возобновляющиеся природные ресурсы характеризуются балансом — определенным соотношением между приходной и расходной частью. В настоящее время значительная доля приходной части баланса возобновляемых природных богатств находит применение в хозяйстве. Так, обрабатывается примерно 70% почв, пригодных для сельскохозяйственного производства при нынешних методах его ведения. Общее количество леса за последние двести лет заметно уменьшилось, и в некоторых странах в настоящее время вырубка превышает прирост. Однако во всем мире в целом утилизируется около 40% ежегодного прироста леса. Пресная вода используется на 10—15% (для орошения сельскохозяйственных культур, для промышленности и для бытовых нужд), при этом около 10% этой доли

испаряется или химически связывается с продукцией промышленности, а остальная часть возвращается в реки в более или менее загрязненном состоянии. Дикие животные, являвшиеся когда-то объектом промысла и основным источником пищи для человека, остались на суше в незначительном количестве и не играют серьезной роли в балансе биологического сырья. Биологические ресурсы океана, если рассматривать их в целом, пока используются лишь в незначительной степени, хотя некоторые виды морских животных истреблены, а другие близки к истреблению. Энергетические ресурсы рек используются примерно на 5%, т. е. около половины того потенциала, который заключен в них (оценивая его с точки зрения нынешних методов строительства гидроэлектростанций). Энергия прямого солнечного излучения, ветра, морских волн и приливов, земного тепла используется в ничтожной степени.

При этом нужно иметь в виду, что во многих странах некоторые из возобновляемых ресурсов — почва, лес, гидроэнергия или пресные воды — используются почти полностью. В целом на Земле наиболее дефицитными из возобновляемых природных ресурсов являются, по-видимому, пресная вода, некоторые виды промысловых рыб и киты.

Невозобновимые природные ресурсы характеризуются известными, разведанными запасами. Неоднократные подсчеты многих экономистов за последние десятилетия позволяют заключить, что запасов важнейших полезных ископаемых при современных методах их добычи и с учетом установившегося прироста объема потребления должно хватить на срок от одного-двух столетий до нескольких тысячелетий. Наиболее дефицитным из горючих ископаемых является, по-видимому, нефть. Однако нужно отметить, что в течение всей истории прирост мировых запасов полезных ископаемых вследствие открытия новых месторождений, повышения эффективности использования руд и т. п. всегда существенно превышал их потребление как в абсолютной мере, так и в доле, приходящейся на каждого жителя планеты, несмотря на рост народонаселения. Так, за последние тридцать лет разведанные запасы каменного угля и нефти в мире возросли в несколько раз, значительно возросли запасы и других видов сырья.

Обратим внимание теперь на влияние свойств внешней среды на общество и обратное воздействие общества на природу.

Первобытный человек мог существовать только в очень узком диапазоне природных условий. Создание средств защиты от неблагоприятных свойств внешней среды привело к тому, что теперь нет места на поверхности Земли, в океане и даже в ближайшей к Земле зоне космоса, где не мог бы существовать и действовать человек. По мере роста численности населения и развития производства человек сам начинает оказывать все

большее воздействие на окружающую среду. Одним из факторов и показателей этого воздействия является энергия, получаемая или преобразуемая человечеством в процессе деятельности.

Если в первобытные времена каждое из племен, не состоявшее более чем из нескольких сот человек, в процессе общей работы могло развить мощность в несколько киловатт (а всего на Земле тогда численность населения вряд ли превышала одну сотню тысяч), то ныне человечество располагает мощностью около 10^9 кВт в виде длительно действующих источников энергии.

10^9 кВт пока еще совершенно ничтожная величина по сравнению с энергией, излучаемой Солнцем (10^{23} кВт), или энергией движения и вращения Земли. Но она становится уже заметной по сравнению с энергией процессов, развивающихся на поверхности нашей планеты, в атмосфере и в океане. Эти процессы, обуславливающие разнообразие климата и погоды на земном шаре, приводятся в действие потоком солнечной энергии, падающим на освещаемую сторону Земли. Его мощность составляет около 10^{13} кВт. Если предположить, что темпы роста энерговооруженности сохраняются такими, какими они были в среднем за последние пятьдесят лет (а скорее всего они увеличатся), то через сто — двести лет человечество будет располагать 10^{13} кВт в форме постоянно действующих источников энергии. Хотя энергетические ресурсы человечества сейчас в тысячи раз меньше этой величины, не следует считать такое соотношение мерой наших нынешних возможностей воздействия на стихийное явление. В действительности они гораздо выше.

Дело в том, что окружающая природная среда не обладает застывшей структурой. Постоянно действующие стихийные процессы в атмосфере и океанах — движение воздушных и водных масс, влагооборот и другие — тесно связаны друг с другом. Те или иные изменения, возникающие в одном процессе, передаются другому, третьему и следующим и иногда по кольцу обратной связи возвращаются к начальному. Нередко здесь возникают саморазвивающиеся реакции и неустойчивые состояния. Тогда бывает достаточно небольшого толчка, чтобы перевести природный процесс крупного масштаба на иной путь. На таких именно особенностях развития атмосферных процессов основаны недавно найденные методы активного воздействия на некоторые метеорологические явления.

Взаимосвязанность и временами возникающая неустойчивость природных явлений имеют и другое важное следствие — большую чувствительность природной среды к вмешательству в ее естественный режим. Саморазвивающаяся реакция, которой мы добиваемся, разрабатывая методы воздействия на погоду, действует в иных случаях независимо от нашего желания. Так,

вырубка леса существенно меняет режим рек — увеличиваются паводки и сокращается подземное питание рек в период межени. Распашка степей без принятия соответствующих мер значительно увеличивает эрозию почвы. Тепло, выделяемое при различных производственных процессах, так же как и выброс продуктов горения в атмосферу, снижающий ее проницаемость для тепловых лучей, ведет к повышению равновесной температуры земной поверхности и т. д. Размеры вмешательства человека в естественный ход природных процессов и изменений, возникающие в связи с этим в природной среде, не без оснований тревожат широкие круги населения во всех странах.

Приобретая независимость от состояния внешней среды в своей практической деятельности, мы вместе с тем нуждаемся во все более разнообразной, точной и срочной информации о протекающих в природе процессах. Хотя современные корабли и самолеты способны действовать почти в любую погоду, но сведения о состоянии атмосферы и моря им нужны гораздо более детальные и разносторонние, чем для их предшественников несколько десятилетий назад. Эта информация нужна уже не столько для того, чтобы решать, выходить в море или нет, вылетать в рейс или оставаться в аэропорту, сколько для расчета наиболее целесообразного, оптимального с экономической точки зрения рейса, выбора маршрута плавания или режима полета, величины загрузки и т. д.

Пятьдесят лет назад структура верхней атмосферы или глубинных слоев океана представляла чисто познавательный интерес для немногих занимавшихся соответствующими проблемами ученых. Сейчас систематическая информация о состоянии этих сред имеет большое практическое значение для бесперебойного функционирования радиосвязи на большие расстояния, расчета движения космических аппаратов и действий подводных судов.

Рост потребностей в информации о состоянии внешней среды — атмосферы, океана, ближнего космоса, земной коры — обуславливает организацию и быстрое развитие соответствующих служб глобального характера — метеорологической, ионосферной, сейсмической и др.

Таким образом, к настоящему времени мы познакомились со всей поверхностью земного шара, и вся она является сейчас ареной нашей практической деятельности. Началось освоение космоса. Мы расширили возможность своего существования, научившись эффективно защищаться от неблагоприятных условий в любом месте поверхности земли, в ближнем космосе и в океане. Человечество вовлекло в свою деятельность практически все известные возобновимые и невозобновимые ресурсы близ поверхности земного шара: некоторые в значительной доле или почти целиком, другие пока еще в незначительной степени.

Наша деятельность уже заметно меняет естественный ход стихийных явлений на поверхности земли, и мы начинаем овладевать методами управления некоторыми из них. Быстро возрастает наша потребность в информации о состоянии природной среды.

Состояние и тенденции развития наук о Земле

Состояние наук о Земле и тенденции их развития связаны с нынешним, охарактеризованным выше этапом взаимодействия общества и природы. Эти науки являются, с одной стороны, продуктом человеческого опыта, обобщенного в процессе взаимодействия с природой, с другой — они наше оружие в дальнейшем расширении фронта взаимодействия и повышения эффективности использования природных ресурсов. Какие особенности современного состояния наук о Земле следует отметить?

Как мы полагаем, одной из них является развитие исследований, связанных с глобальными проблемами, а также с вопросами, выходящими за пределы нашей планеты — в космос. Науки о Земле всегда имели дело с явлениями и процессами, развивающимися на всей планете или в крупных ее областях. Однако в соответствии с практическими потребностями и ходом развития каждая из этих наук в данное время сосредоточивает свое внимание на тех или иных конкретных проблемах, которые могут быть глобального, регионального или местного характера.

Познавательные интересы требовали решения главным образом глобальных проблем: при анализе явлений, происходящих на всем земном шаре, во всей атмосфере, в океане или в твердом теле Земли, можно понять природу тех или иных процессов. Практические же интересы до последнего времени выдвигали преимущественно региональные и локальные задачи. Так, разработка методов прогноза погоды, описание климата, геологическая разведка или оценка сейсмической опасности необходимы прежде всего для работ на территории своей страны.

В последнее время не только познавательные, но и практические интересы все чаще направляют основное внимание исследователей в области наук о Земле на явления, охватывающие весь земной шар. Это, видимо, связано с ростом глобальных элементов в практической деятельности. Все более дальними становятся линии воздушных сообщений, все более удаляются от берегов районы освоения океанов. И наконец, космические полеты и вся деятельность в зоне ближнего космоса, естественно, носят глобальный характер. В связи с этим информация о состоянии природной среды на всем земном шаре, по-

нимание процессов, разворачивающихся на пространстве всей планеты, приобретают все большее практическое значение, а науки о Земле приобретают подлинно планетарный характер.

Большое значение приобретают также проблемы, связанные с космосом. Это является, как нам кажется, с одной стороны, следствием недавно открывшихся новых возможностей в получении информации о космических объектах, с другой стороны, откликом на практические потребности, возникшие в связи с освоением космоса. Так, геохимик, исследующий, как известно, круговорот веществ на Земле, естественно, ставит перед собой в настоящее время задачи изучения общих закономерностей круговорота веществ на различных планетах с учетом их условий. Для метеоролога объектом исследований становится уже не только атмосфера Земли, но и атмосферы других планет. Оценки возможной структуры и свойств атмосфер планет приобретают в настоящее время существенное практическое значение в связи с расчетами полетов к ним и посадки на их поверхность. Аналогичные потребности и возможности встают и перед исследованиями других геофизических явлений. Этот важный аспект развития наук о Земле является одним из примеров своеобразной космоизации современной науки.

Усиление роли глобальных и космических проблем в науках о Земле приводит к значительному усилению международного сотрудничества, которое, как очевидно, имеет наибольшее значение именно в таких проблемах. За последние десять — пятнадцать лет возникло большое число новых международных научных организаций в дополнение к давно существующим и успешно работающим. Заметно увеличилось число различных международных научных конференций, симпозиумов, конгрессов.

Выше мы отметили, что до недавнего времени единственным методом исследования в науках о Земле было наблюдение. Это наложило определенный отпечаток на их развитие. Когда-то каждая из наук начинала со сбора фактических материалов. Получение информации, разработка различных методов и аппаратов для наблюдений и постановка самих наблюдений в различных районах земного шара потребовали огромного труда и внимания. Этот труд и сейчас еще далеко не закончен, однако в настоящее время он не может оставаться самодовлеющей задачей.

Сейчас все науки о Земле так или иначе переходят от описаний и простейшего, главным образом качественного, анализа материалов наблюдений к разработке количественных теорий, построенных на физико-математической базе. Это вызывается, как нам кажется, не только общей логикой развития любой области знания (как известно, математизацией охвачены все научные дисциплины, и не только естественные, но и гуманитар-

ные), но и резко возросшими практическими требованиями к объему и, главное, к точности данных о состоянии природной среды. Точные значения величин, характеризующих метеорологический или гидрологический режим, запасы полезных ископаемых, вероятность землетрясений различной силы и т. д. необходимы для проектирования разнообразных сооружений или планирования хозяйственных мероприятий. Нетрудно видеть, что ошибочные или нечеткие оценки параметров среды при строительстве сооружений всегда приводят либо к разрушению построенного, либо к излишним запасам прочности и неоправданным затратам. С ростом масштабов сооружений такого рода потери на незнание приобретают колоссальные размеры.

Только на базе физико-математического анализа разрабатываются объективные методы расчета будущих состояний среды, и прежде всего численные прогнозы погоды. Переход на физико-математическую базу совершается по-разному в разных науках о Земле. Более того, он осуществляется не без споров и дискуссий. Некоторые исследователи считают, что науки о Земле являются описательными по самому своему существу. Такая точка зрения нам кажется глубоко ошибочной. Полагаем, что описательный характер является лишь начальной стадией в развитии рассматриваемых наук. Дальнейшее их развитие неизбежно приводит к стадии построения физико-математических количественных теорий, что является важнейшей характерной чертой современного состояния развития каждой из наук о Земле. Вероятно, наиболее благоприятным образом переход на эту стадию осуществляется в метеорологии — в настоящее время трудно отличить метеорологию от физики атмосферы. Однако в других науках, например в географии и геологии, отмеченный переход совершается с гораздо большими трудностями.

Физико-математическая перестройка наук о Земле обуславливает усиление роли эксперимента. В настоящее время в них широко применяется искусственное воспроизведение в лаборатории различных элементарных процессов: поведения веществ при очень больших давлениях, свойственных глубинным слоям земной коры, особенностей фазовых переходов воды в облаках и т. п. Начинает применяться и эксперимент в природе, особенно в связи с разработкой методов воздействия на природные метеорологические явления, например стимулирование или задержка развития облака, выпадения осадков и др.

Более или менее глубокое проникновение идей и методов физико-математических наук в науки о Земле вызвало их быстрое техническое перевооружение, осуществляемое в настоящее время. Это имеет особенно важное значение, так как неизменной особенностью наших наук является оперирование огромным объемом фактических данных, характеризующих состояние природной среды в разных точках пространства и в различ-

ные моменты времени. Объем требуемой информации растет по мере того, как практика заставляет нас учитывать все более тонкие особенности состояния среды. Это в свою очередь обуславливает развитие средств наблюдений и методов анализа получаемых сведений. Что касается техники наблюдений, то наиболее важными аспектами ее развития являются применение телеметрических устройств, подвижных платформ и дистанционных методов.

Еще несколько десятилетий назад, так же как и в предшествующие одно-два столетия, измерение состояния среды — температуры воздуха, напряженности магнитного поля, скорости течения реки и т. п. — выполнялось в основном наблюдателем непосредственно в точке его расположения. По-видимому, первой в мире радиотелеметрической системой следует считать радиозонд, поднявшийся в Советском Союзе в 1930 г. Измерители температуры, влажности, давления атмосферы вместе с миниатюрным радиопередатчиком отправлялись в полет на небольшом баллоне, с тем чтобы сообщить данные о структуре атмосферы до высоты в несколько километров. Затем, также в СССР, появились первые автоматические метеорологические станции, устанавливаемые в отдаленных местностях на суше и на дрейфующих льдах Арктики и передающие регулярные данные о погоде, и, наконец, метеорологические ракеты. К настоящему времени телеметрические системы применяются для многих метеорологических, океанографических и различных других геофизических исследований и служб. Особое значение такого рода системы приобрели в космических исследованиях при посылке за информацией на сотни миллионов километров от Земли на другие небесные тела весьма сложных измерительных приборов и управляющих устройств, смонтированных на космическом аппарате.

Измерения в океанах издавна выполнялись с подвижных средств — судов. В последние десятилетия широкое применение получили специально оборудованные самолеты для быстрого определения состояния геофизических полей и различных характеристик земной поверхности на больших пространствах, например для магнитной съемки, картирования льда в морях, температурной съемки морей, оценки состояния посевов сельскохозяйственных культур и т. п. Весьма совершенными подвижными платформами для быстрого определения характеристик геофизических элементов на всем пространстве земного шара оказались искусственные спутники Земли. В последние годы в СССР и США созданы специальные метеорологические космические системы, позволяющие 1—2 раза в сутки получать хороший обзор состояния атмосферы по всему земному шару.

Большое значение в прогрессе техники наблюдений имеет развитие дистанционных средств зондирования планетарных

сред. В течение длительного времени геофизики использовали прохождение естественных сейсмических колебаний через тело Земли для суждения о ее внутреннем строении. Анализ распространения акустических колебаний, возникающих в воздухе вследствие крупных взрывов, позволил уточнить особенности структуры атмосферы. Это побудило перейти к применению искусственно возбуждаемых сейсмических, акустических и гидроакустических колебаний для выяснения структуры земной коры, атмосферы и океана. Излучения в диапазоне радиочастот оказались чрезвычайно эффективными для обнаружения и измерения характеристик многих атмосферных явлений как ионизированных областей в верхних слоях атмосферы, так и осадков, облаков и некоторых других явлений в нижних слоях.

Применение телеметрических, дистанционных и подвижных измерительных систем создает условия и в то же время требует (в связи, например, с большой скоростью получения информации и огромным количеством перерабатываемых данных) автоматизации анализа и обработки материалов. Автоматизация наблюдений и механизация обработки данных начинают внедряться в практику метеорологических исследований и метеорологических служб¹. В настоящее время уже реализуются на практике автоматические линии всего цикла получения и анализа метеорологической и гидрологической информации — от измерений на станциях до численных прогнозов, вырабатываемых на больших электронно-вычислительных машинах. Однако в других разделах наук о Земле положение иное. Так, громоздкая процедура обработки и анализа геофизических измерений, применяемых в поисках и разведке полезных ископаемых, в изучении структуры земного шара, автоматизирована пока недостаточно.

Наконец, существенным для настоящего состояния наук о Земле является развитие проблем активного воздействия на природные явления, целенаправленного преобразования природной среды. Некоторые из этих наук на протяжении своей истории рассматривали вопросы преобразования изучаемой ими природной среды. Так, гидрология вод суши, почвоведение, наука о лесе выросли и развились вместе с гидротехникой, агрономией, лесоводством и т. д., однако масштабы преобразования, доля преобразуемого в практической деятельности природного ресурса, воздействие на установившиеся природные процессы ранее были незначительны. В последние десятилетия масштабы преобразования природной среды, вмешательства в ее естественный режим резко возросли.

Энергетические, мелиоративные и транспортные гидротехнические сооружения в короткий срок изменяют структуру рек в

¹ См. *Е. К. Федоров*. Перевооружение гидрометеорологии.— «Вестник АН СССР», 1964, № 1, стр. 16; *E. K. Fedorov*. Technical Reorganization USSR Hydrometeorological Service.— «Bulletin WMO», October 1964, p. 182.

большей степени, чем естественные русловые процессы за тысячи лет. Подвергшиеся реконструкции речные системы составляют уже заметную долю от всей речной сети земного шара. Еще более значительны изменения, вносимые в состояние почвы, леса и других элементов биосферы. Однако наше понимание различных процессов, возникающих в природной среде после вмешательства человека, а особенно саморазвивающихся реакций и цепей управления, далеко не соответствует имеющимся техническим возможностям. Нетрудно рассчитать объем и сроки заполнения строящегося водохранилища, значительно труднее оценить его будущий биохимический режим и соответственно оценить возможности рыбного хозяйства, динамику кромки берега или эффект, который произведут поднявшиеся на большой площади почвенные воды. Нетрудно истребить на значительной площади химическим путем сельскохозяйственных вредителей, а заодно и всех остальных насекомых, но трудно оценить, когда и какое новое экологическое равновесие установится на этой площади и каково будет его конечное влияние на защищаемую культуру.

Потребовались многолетние исследования для того, чтобы разобраться в сложных процессах переноса и выпадения на поверхность Земли радиоактивных частиц, образующихся в результате атомных взрывов, хотя основные закономерности движения атмосферы были ранее известны. До сих пор остается много неясного в сложных пертурбациях, которые производит высотный ядерный взрыв в весьма чувствительной среде верхних слоев атмосферы.

Вместе с тем наряду с опасностью появления непредвиденных и зачастую нежелательных «вторичных» эффектов в природной среде в результате нашей деятельности большая чувствительность этой среды, как уже говорилось выше, открывает возможность управления некоторыми природными процессами. Например, в метеорологии широко используется саморазвивающаяся реакция перехода в кристаллическое состояние переохлажденного водного облака. Для ее осуществления достаточно внести в кубический километр облака (в снаряде, ракете или путем разбрасывания с самолета) несколько десятков граммов йодистого серебра или другого вещества, подходящего для образования ядер кристаллизации. В определенных условиях дальнейший ход этой реакции может привести к рассеиванию облака или тумана, выпадению небольших осадков или к торможению развития мощного градового облака. Можно отметить, что десятки граммов подходящего реагента, внесенные в облако, вызывают существенные изменения в процессах, обладающих мощностью в десятки миллионов киловатт. Рассеивание низких облаков и туманов в аэропортах в зимнее время и защита от града сельскохозяйственных культур применяются в СССР на практике.

Успехи, достигнутые в управлении некоторыми локальными метеорологическими явлениями, естественно, побуждают рассматривать возможность вмешательства и в крупные процессы вплоть до задачи изменения климата. Основным в этой задаче, с нашей точки зрения, является вопрос об устойчивости и единственности климата. Являясь результатом некоторого относительного и подвижного равновесия сложной совокупности процессов, развивающихся в атмосфере и океане, климат зависит от количества и состава солнечной энергии, падающей на Землю, направления оси и скорости вращения и движения Земли по орбите, от размеров и распределений по поверхности планеты материков, океанов и горных цепей.

Есть некоторые основания полагать, что при одних и тех же основных чертах структуры и особенностей вращения нашей планеты может быть не одно, а несколько разных равновесных состояний совокупности климатообразующих процессов и что по временам это равновесие может стать неустойчивым. Если дело обстоит действительно так, то открывается принципиальная возможность изменения климата путем приложения энергии много меньшей, чем требуется для его поддержания. Конечно, и в этом случае можно было бы думать не о любом, а об одном из возможных климатов, который, будучи более благоприятным в одних районах Земли, скорее всего стал бы менее удобным в других.

Задача преобразования климата вряд ли может считаться актуальной в настоящее время. Однако возросшие масштабы вмешательства в природную среду и необходимость точного учета его последствий, открывающиеся возможности управления некоторыми стихийными процессами, осознанная опасность возникновения нежелательных саморазвивающихся реакций в природной среде — все это значительно повысило интерес к проблемам активного воздействия на природные процессы¹.

Некоторые социальные проблемы

Рассмотрим основную, как нам кажется, проблему социального характера, стоящую перед науками о Земле, — проблему рационального использования природных ресурсов Земли в целом.

Как известно, вопрос о достаточности природных ресурсов для обеспечения быстро растущего человеческого общества со времени Мальтуса превратился в социальную проблему. Если

¹ См. *Е. К. Федоров*. Активное воздействие на метеорологические процессы. — «Метеорология и гидрология за 50 лет Советской власти». Л., 1967; *Г. К. Сулаквелидзе, Н. Ш. Бибилашвили, В. Ф. Лапчева*. Образование осадков и воздействие на градовые процессы. Л., 1965; *E. K. Fedorov*. Weather Modification. — «Bulletin WMO», July 1967, p. 122.

Мальтус пытался объяснить и обосновать неизбежность бедности и нищеты в современном ему обществе диспропорцией между растущим населением и убывающим плодородием почвы, то современные его последователи подходят к вопросу шире. Отмечая ограниченность всех природных ресурсов на нашей планете, они утверждают, что это ставит предел развитию общества вообще. В ускоряющемся росте численности населения многих развивающихся стран сравнительно со все еще низкими темпами развития их экономики они ищут объяснения тяжелого экономического положения этих стран, видя единственный выход из него в сокращении роста населения.

Следует отметить, что сама экстраполяция численности населения Земли на основе нынешних темпов его роста представляется весьма спорной. В будущем организованное человеческое общество, конечно, сможет ограничить свой рост определенными рамками, если найдет это нужным.

Кстати говоря, перед человечеством стоит и становится все более серьезной проблема регулирования не только количественного, но и качественного состава — проблема воспитания и образования в самом широком смысле этого слова. Особое внимание привлекают следующие аспекты названной проблемы: гармоничное сочетание личных интересов каждого отдельного человека и общественных интересов коллектива; своевременная и эффективная передача каждому вновь вступающему в жизнь поколению всего наиболее ценного из огромной и быстро растущей сокровищницы мировой культуры; целесообразная профессиональная подготовка на основе учета настоящих и будущих потребностей общества и способностей и интересов каждого отдельного человека.

Мы видим, что сейчас только в странах, вставших на социалистический путь, этой проблеме уделяется должное внимание и она находит принципиальное и правильное решение. Общество, не имеющее определенной цели и долговременной перспективы своего развития, не в состоянии ее решить.

В проблеме регулирования качественного состава общества могут появиться и совершенно новые стороны, и неожиданные трудности. Успехи в изучении механизма наследственности, как полагают некоторые биологи, приблизили нас вплотную к овладению определенными его функциями, что может позволить планировать и создавать некоторые характеристики будущих поколений. Если сейчас, вероятно, в половине семей мира супружеская чета обладает практической возможностью по своему желанию иметь ребенка или отказаться от него, то, может быть, не столь далеко то время, когда родители смогут доступными способами придать своему будущему ребенку особые способности к музыке или литературе, черты агрессивности или добродушия. Не станут ли возникающие в связи с этим социальные и этические

ские вопросы, как об этом беспокоится А. Буззати-Траверсо¹, намного более сложными, нежели вопрос о регулировании численности населения? Мы не можем рассматривать здесь эти интересные вопросы. Нам важно выяснить: создает ли ограниченность природных ресурсов на нашей планете сейчас или в ближайшем обозримом будущем принципиальную угрозу благополучию растущего человечества, ставит ли предел развитию человеческого общества?

Земля и все ее богатства имеют, разумеется, некоторую ограниченную величину. Однако эффективность их использования в широком понимании этого слова, именно в связи с тем самым прогрессом техники и преобразованием способов производства, о которых писал В. И. Ленин², возрастает настолько быстро, что потенциальные возможности удовлетворения основных потребностей человеческого общества на протяжении всей истории растут быстрее, чем сами потребности. Приведем несколько примеров. Если бы мы оценили на уровне знаний середины прошлого столетия количество энергии, которое можно было получить, используя до конца все известные в то время ресурсы и способы, то получили бы в результате около 10 тыс. кВт-ч на каждого человека. Нынешняя оценка дает около 200 тыс. кВт-ч на человека. Как нетрудно понять, этот рост потенциальных энергозапасов объясняется прогрессом, достигнутым за сто лет в области получения энергии. Обнаружены новые запасы полезных ископаемых, найдены новые источники энергии, повышен коэффициент полезного действия преобразователей энергии и т. д. При этом мы не учитываем таких уже известных в принципе и, безусловно, доступных в будущем источников, как прямое преобразование солнечной энергии, земное тепло, приливы, ветер, не говоря уже об энергии ядерного синтеза. А ведь мы должны рассчитывать и на открытие принципиально новых способов получения энергии. Человечеству, безусловно, не грозит энергетический голод.

Нам не грозит голод и в прямом смысле этого слова. Свидетельством непрерывного роста продуктивности сельского хозяйства является систематическое сокращение занятой в нем доли населения. Простое распространение на все сельское хозяйство планеты норм эффективности, уже достигнутых в передовых в этом отношении странах, дало бы огромный, в несколько раз, прирост продукции. И это при очень низком, менее 1%, к.п.д. реакции фотосинтеза, за счет которой и получается в конечном счете вся продукция сельского хозяйства. Между тем в принципе нет никаких оснований считать нынешний уровень к. п. д.

¹ См. А. Буззати-Траверсо. Тенденции в современной биологии и новая моральная ответственность.— «Мир науки», 1967, № 4, стр. 13.

² См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 5, стр. 102.

этой реакции предельным. Известно, что пока используется в весьма малой степени колоссальная биологическая продуктивность океана. Уже существуют различные методы приготовления синтетических продуктов питания. Таким образом, и в этой области мы имеем быстрый рост возможностей получения пищи на душу населения.

Быше уже отмечался быстрый рост запасов обнаруженного минерального сырья. Вряд ли нужно доказывать, что аналогичное положение имеет место и в проблеме материалов. На наших глазах быстро развиваются целые отрасли промышленности, вырабатывающие нужные человеку материалы для удовлетворения самых разнообразных нужд из доступных и дешевых видов природного сырья. Таким образом, растущие в связи с увеличением численности населения и потребностей каждого человека нужды общества мы должны сравнивать не с какой-то постоянной лимитирующей величиной, а с переменной возрастающей возможностью их удовлетворения за счет раскрытия новых и более эффективного использования имеющихся природных ресурсов нашей планеты.

До сих пор принципиальная возможность удовлетворения нужд общества, если рассматривать все ресурсы планеты в целом по отношению ко всему человечеству, возрастала быстрее, чем потребность. Нет оснований считать, что в течение ближайших столетий это положение изменится. Вместе с тем, естественно, мы не можем утверждать, что так будет всегда. Ограниченность размеров и массы Земли, может быть, создаст в отдаленном будущем определенные пределы для некоторой оптимальной величины ее населения.

Однако дверь в космос уже открыта, и десятилетия, а не столетия отделяют нас от сообщений с другими планетами. Дело не в гипотетической «колонизации» других планет, а в том, что наступает космическая эра в развитии человеческого общества — период, когда сфера его практической деятельности уже не замыкается только земным шаром, а распространяется, в обозримом будущем, на Луну и ближайшие планеты Солнечной системы, а затем, безусловно, и дальше.

В настоящее время трудно предвидеть конкретные формы использования человечеством природных ресурсов Вселенной вне Земли. Однако сам факт, что возможность выхода в космос и полетов к другим небесным телам достигнута значительно — на сотни лет — раньше, чем человечество может подойти к пределу использования богатств своей планеты, является, как нам кажется, наиболее общим и убедительным примером того, как рост возможностей человечества опережает рост его потребностей. Следовательно, никогда — ни в прошлом, ни в настоящем, ни в будущем — ни ресурсы окружающей природы, ни законы, которым она подчиняется, не созда-

вали и не могут создать препятствий росту и развитию человеческого общества.

Своеобразные катастрофы вследствие быстрого роста численности организмов в каком-либо районе при неизменном объеме используемых ресурсов или при неизменной популяции в результате сокращения или исчезновения используемых ресурсов происходят по временам в биосфере. Восстановление нарушенного равновесия здесь действительно может осуществляться только за счет сокращения популяции — гибели от голода или массовой миграции в другие районы, так как повышение эффективности взаимодействия животных и растений с окружающей средой осуществляется за счет медленных изменений их биологической природы, за счет образования новых видов. Однако эти положения неприменимы к человеческому обществу.

Мальтузианские тупики могли бы возникнуть на любой стадии развития человечества, при самой различной его численности, если бы техника не прогрессировала, если бы способы производства не преобразовывались. Ясно, что не только нынешнее, но и значительно меньшее население Земли не могло бы существовать, занимаясь охотничьим промыслом или примитивными формами скотоводства по примеру наших далеких предков, — для этого не хватило бы природных ресурсов. Но рассуждать об избыточности населения планеты в будущем, основываясь на нынешних возможностях использования ресурсов нашей планеты, можно, лишь предполагая прекращение технического прогресса.

Развитие человеческого общества во взаимодействии с окружающей природой, по-видимому, можно уподобить цепной реакции, каждая стадия которой создает все необходимые условия для значительного роста и расширения последующей. Человеческое общество представляет собой закономерную и высшую ступень развития жизни во Вселенной — развития, не имеющего границ в пространстве и времени. В этом отношении мы поддерживаем интересную и глубоко оптимистическую концепцию, выдвинутую Г. Ф. Хильми¹.

Следует еще раз подчеркнуть, что, говоря о возможностях человеческого общества, мы имеем в виду принципиальные возможности, представляемые соответствующим уровнем научно-технического прогресса. Практические возможности в какой-либо стране существенно отличаются от принципиальных. Однако причины этого находятся уже в области социальных явлений. Так, длительная колониальная эксплуатация и обусловленная ею техническая отсталость, недостаток квалифицированных кадров и другие социальные причины привели

¹ См. Г. Ф. Хильми. Основы физики биосферы. Л., 1966.

к тому, что за последние двадцать пять лет развивающиеся страны повысили продуктивность сельскохозяйственного производства на 8%, в то время как США и Канада повысили и ранее немалую продуктивность своего сельского хозяйства на 25%. Если прирост населения в какой-либо развивающейся стране составляет 2%, а темп роста экономики равен 2,5%, то, конечно, трудно ожидать здесь быстрого роста благосостояния. Понятно, что в такой ситуации та или иная страна может искать временный выход в плановом сокращении рождаемости. Однако основное решение заключается в быстром поднятии темпов роста экономики. Полная возможность этого доказывается многими примерами развития социалистических стран, скажем развитием среднеазиатских республик Советского Союза. Только социальные причины мешают осуществить принципиальные возможности эффективного использования природных ресурсов на практике.

Примечательны различия в отношениях к природным ресурсам стран с различным социальным строем. Социалистические страны, объявив все природные богатства на своих территориях общенародным достоянием, с самого начала принимают серьезные меры для их изучения, сохранения и развития. Уместно вспомнить, что в составленном В. И. Лениным наброске плана первоочередных работ Академии наук¹ проблема широкого и срочного изучения и учета природных богатств страны была одной из главных. В 1918—1920 гг. для этой цели были организованы крупные научно-исследовательские институты, поисковые и разведочные экспедиции. Этой линии и поныне следует Советское правительство. Так же действуют и другие социалистические страны. В результате разведанные запасы полезных ископаемых возросли в десятки раз и полностью обеспечивают нынешние и перспективные нужды социалистических стран. Стало возможным грандиозное развитие гидротехнического строительства, освоен Северный морской путь и т. д.

Сложное положение с природными ресурсами возникло в развивающихся странах, недавно освободившихся от колониальной зависимости. Как правило, они чрезвычайно богаты разнообразными природными ресурсами. Однако борьба за владение месторождениями полезных ископаемых, лесами, сельскохозяйственными угодьями и водами на своей территории оказалась в очень многих случаях более трудной и сложной, чем борьба за приобретение формальной политической независимости. Следует отметить также, что в период колониального господства метрополии отнюдь не стремились к комплексному изучению и развитию природных ресурсов

¹ См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 36, стр. 228—231.

колоний. Их интересовало лишь то, что сулило богатые барыши в короткий срок. Уродливая система монокультур — основной результат такой политики. Отсутствие подготовленных национальных кадров, опыта, оборудования создает дополнительные трудности. Но большие усилия, которые предпринимают развивающиеся страны в этом важнейшем для них деле, и помощь, оказываемая социалистическими государствами, безусловно, позволяют преодолеть эти серьезные трудности. Развивающиеся страны в конце концов вырвут свои природные богатства из рук зарубежных монополий и поставят их на службу своим национальным интересам¹.

В развитых капиталистических государствах в последнее время вопрос о природных ресурсах также поставлен в ряд первоочередных государственных проблем. После примерно двухсотлетнего хищнического использования природных богатств на территории этих стран сложилось весьма серьезное положение с водой, лесами, почвой и некоторыми полезными ископаемыми. Угроза полного истребления или значительной порчи природных богатств побудила принять разумные меры по их охране и планомерному использованию: ведется борьба с эрозией почвы, строго регулируется рубка леса, разрабатывается ряд мер против загрязнения воды и воздуха, создаются показательные благоустроенные природные заповедники. Однако все эти меры принимаются развитыми капиталистическими государствами лишь у себя дома.

Монополии США и других западных стран хищнически эксплуатируют природные богатства за рубежом, прежде всего в развивающихся странах, получая от этого огромные прибыли. Они цепко держатся за свои владения и привилегии, приобретенные в период колониального господства, стремятся их закрепить и расширить в экономическом плане. Вся государственная политика США и других западных государств по отношению к развивающимся странам, как хорошо известно, направлена на закрепление и расширение возможностей самой беззастенчивой эксплуатации природных ресурсов и человеческого труда развивающихся стран.

Вместе с тем США принимают в последнее время разнообразные меры с целью обеспечить себе наиболее выгодные условия в эксплуатации пока еще «ничейных» ресурсов нашей планеты — океанских вод, континентального шельфа, морского дна. Они готовятся к возможному дележу или захвату этих богатств.

Таким образом, в результате чисто социальных причин — существования капиталистического строя, экономической под-

¹ *E. K. Fedorov. Some Problems relating to Developing Countries.* — «Impact», 1963, vol. XIII, N 4, p. 273.

чиненности одних стран другим, колониализма и неоколониализма, в результате отсутствия единства и широкого сотрудничества в человеческом обществе в целом — огромные потенциальные возможности эффективного использования природных ресурсов реализуются лишь в небольшой части. На нашей планете сосуществуют и технически передовые, и отсталые, неэффективные формы сельскохозяйственного производства. А это означает, что имеющийся на Земле фонд сельскохозяйственных угодий в целом используется не только нерационально, но и хищнически, означает уменьшение общей величины этого фонда для человечества.

Хищнически в целом используются и богатства океана. Имеющиеся международные соглашения об определенных ограничениях рыбного и китобойного промыслов решают лишь очень небольшую часть проблемы регулирования этой деятельности. Между тем уже сейчас можно было бы перейти от рыбного промысла охотничьего типа к рыбному хозяйству или даже шире — к культивированию разнообразной биологической продукции в масштабе всего Мирового океана.

Современный уровень знаний и техники позволяет уже сейчас не только обеспечить плановое и эффективное использование всех основных возобновимых природных богатств на Земле, но и начать работы по изменению балансов и общих запасов важнейших возобновимых природных ресурсов — пресной воды, леса и других — как в отдельных районах земного шара, так и в целом на всей Земле.

Однако этого нельзя сделать, пока на Земле нет единого в своей организации и действиях человеческого общества. Таким образом, не недостаток ресурсов, а неуправляемый и неорганизованный — в масштабе всей планеты — характер их использования создает определенные затруднения для развития общества сейчас и грозит серьезными неприятностями. В особенности это относится к возобновимым природным богатствам в ту, вероятно уже недалекую эпоху, когда степень их вовлечения в хозяйство возрастет и приблизится к пределу.

Другая опасность заключается в быстром возрастании воздействия человека на природную среду. Выше говорилось о том, что природа представляет собой довольно чувствительную систему, находящуюся в состоянии своеобразного подвижного равновесия. Быстрый рост выделения тепла у земной поверхности в результате действия промышленности, мелиорация земельных угодий, вырубка леса, гидротехническое строительство, внедрение в естественный круговорот новых веществ в результате промышленных выбросов в атмосферу и в воду, так же как и широкое применение химических удобрений, гербицидов и инсектицидов, — все это дает сейчас прямой эффект, хотя и небольшой, но уже заметный на фоне

естественных процессов. При сохранении нынешних темпов роста производительных сил следует ожидать, что в ближайшие несколько десятилетий этот эффект станет в некоторых случаях соизмеримым с масштабом естественных процессов.

Учитывая наличие неустойчивости в природной среде и возникновение в некоторых случаях саморазвивающихся реакций, следует считаться с возможностью произвольных нарушений равновесного состояния среды и перехода к иному, может быть и нежелательным, положениям равновесия. С другой стороны, неустойчивость в развитии природных процессов, как уже говорилось, открывает возможность целенаправленного воздействия на них малыми средствами. Однако реализация этой возможности в условиях господства реакции в капиталистических странах могла бы вызвать скорее «метеорологическую войну», как об этом мечтали некоторые политические и военные деятели США в 50-х годах¹, чем крупные общепланетарные мероприятия по разумному преобразованию климата.

Следует отметить, что технический прогресс создает и быстро развивает в любой области человеческой деятельности способность управления крупными процессами в широком смысле этого слова. Колоссальные количества энергии регулируются в центрах объединенных энергосистем, современное массовое производство может в короткий срок выпустить огромное количество продукции любого вида, ничтожные по масштабу действия могут стать достаточными для развязывания ядерной войны и т. д. Естественно, что увеличение способности управления должно сопровождаться ростом его надежности и гарантией целесообразности, так как масштаб возможных потерь и несчастий для человечества в результате ошибок в управлении возрастает столь же быстро. Повышение надежности управления действительно происходит в масштабе отдельных предприятий, производственных объединений и в плановом социалистическом хозяйстве в масштабе стран. Однако, как очевидно, этого не происходит в отношении человечества в целом.

Существует определенный разрыв между уже появившейся и быстро растущей способностью производить действия глобального характера и отсутствием соответствующего социального механизма не только для регулирования таких действий, но даже для оценки их целесообразности с общечеловеческой точки зрения. Когда весь или почти весь баланс возобновляемых природных ресурсов окажется включенным в практическую деятельность человечества, сделаются совершенно необходимыми крупные, рассчитанные на длительные сроки меро-

¹ «Bulletin of the American Meteorological Society», 1953, N 6.

приятия глобального масштаба по разумному преобразованию природной среды на нашей планете. Потребуется вести целостное «природное» хозяйство, включая культивирование природных ресурсов в масштабе всей планеты, столь же четко и рационально, как сейчас требуется вести сельскохозяйственное производство в масштабе фермы, плантации, коллективного или государственного хозяйства социалистических стран. В связи с этим проблема целенаправленного преобразования природной среды, задачи культивирования важнейших природных ресурсов в глобальном масштабе станут главными в совокупности всех наук о Земле, включая и науки о биосфере.

В ближайшие десятилетия должен быть завершен учет основных невозобновимых природных ресурсов и оценка балансов возобновимых ресурсов на всей планете в целом и в отдельных ее районах, должны быть найдены способы точных расчетов последствий различных видов воздействия на природную среду. Особое значение приобретают изучение саморазвивающихся реакций и поиски методов управления. Нетрудно видеть, что эти проблемы для всего комплекса наук о Земле приобретают в настоящее время крайне серьезное не только научное, но и социально-политическое значение.

Нынешнее состояние и перспективы развития наук о Земле в национальных рамках, так же как и быстро возрастающее и укрепляющееся сотрудничество ученых разных стран в этом плане, позволяют утверждать, что они будут успешно и своевременно решены. Однако этого недостаточно. Для гармоничного взаимодействия с природной средой на ближайшем этапе полного использования человеком ресурсов планеты необходимы наличие позитивной цели и перспективы развития человеческого общества. Маркс, Энгельс и Ленин открыли эту цель, обосновали закономерности и перспективы развития. Они создали уверенность в том, что единство человеческого общества вообще и в отношении к природе нашей планеты в частности будет достигнуто в рамках мира и социализма раньше, чем хищническое использование ресурсов планеты или несогласованное воздействие на природную среду могло бы привести к непоправимым последствиям.

Раздел V

**ФИЛОСОФСКИЕ
И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
КИБЕРНЕТИКИ**

А. И. БЕРГ,
академик
Б. В. БИРЮКОВ,
доктор философских наук

КИБЕРНЕТИКА И ПРОГРЕСС НАУКИ И ТЕХНИКИ

Огромный путь, проделанный наукой за последние полвека. Открытия, сделанные на этом пути,— вехи в обогащении и углублении научной картины мира — в большой степени обязаны успехам математики и техники. Математика и технические науки в теоретическом плане явились важнейшими элементами современной научно-технической революции. А эта революция оказала мощное влияние на экономическую жизнь общества, на социальные структуры. Она же стимулировала прогресс науки, привела к качественным сдвигам во всем «фронте» фундаментальных и прикладных исследований.

С научно-технической революцией связан двуединый процесс — процесс *дифференциации и интеграции наук*. В этой статье мы будем говорить о кибернетике. Поэтому подчеркнем ту сторону диалектики явления «дифференциация — интеграция», которая выражается в *синтезе знания*.

В начале нынешнего столетия многие ученые смотрели на специализацию в научных исследованиях как на естественное и непреодолимое явление: объем знаний быстро возрастал, науки ветвились. «Хорошим тоном» считалось подчеркивать размежевание «сфер влияния» между «чистой наукой» и прикладными областями. Но уже тогда этим тенденциям — тенденции дифференциации (специализации) и тенденции противопоставления теории и приложений — противостояли тенденции к интеграции научных идей и к упрочению взаимосвязей между научными теориями, с одной стороны, и технической и социальной практикой — с другой. С «вавилонским смещением языков» возрастающего множества научных дисциплин ученые стремились справиться путем выработки если не подлинно «единого» «языка», то уж по крайней мере небольшого множества «языков» основных, фундаментальных понятий. Системы — «языки» — таких понятий помогали идейно объединять различные научные направления. Эту — синтетическую — роль, конечно, выполняла философия. К ней, в упомянутом аспекте, на рубеже столетий присоединилась физика. В дальнейшем — и это существенно для нашего изложения — мощную синтетическую роль стали играть *математизация наук* и становление и развитие нового комплексного научного направления — *кибернетики*. И хотя математизация и кибернетика сами способствовали ветвлению знания, их интегративная роль все же получила перевес и всеобщее признание ученых и инженеров.

Проблема управления

Кибернетика — это ответ человеческого познания и технической практики на социальную потребность в решении точными средствами проблем управления и организации. В нашей стране потребность в овладении процессами управления и организации проявилась уже с первых шагов нового общества. Советская власть насчитывала буквально месяцы от роду, а В. И. Ленин поставил уже задачу научной организации труда и управления. В работе «Очередные задачи Советской власти» (1918) он писал, что, так как задача подавления эксплуататоров в основном решена, на очереди стоит задача управления государством. Главное теперь экономика: победа в области народного хозяйства, производства, всенародный учет и контроль. В. И. Ленин критиковал отрицательную природу американского «тейлоризма». Вместе с тем он предлагал учесть и то позитивное, что имеется в этой системе как системе организации труда. Это должно послужить повышению производительности и лучшей организации производственных процессов в обществе, основанном на общественной собственности.

Эти работы задержали гражданская война и ее последствия. Но прошло пять лет, и В. И. Ленин снова вернулся к вопросам организации в статье «Лучше меньше, да лучше» и других работах. В. И. Ленин требовал принятия энергичных мер по совершенствованию государственного аппарата Советской республики. Постепенно в нашей стране развилось общественное движение за повышение эффективности труда и управления. Возникли первые коллективы, ставившие своей целью разработку теоретических проблем и практическое применение научной организации труда — НОТ. С тех пор прошли десятилетия. Народное хозяйство страны выросло в сотни раз. Накоплен огромный опыт в области управления и организации. Налицо большие успехи в планировании народного хозяйства, в управлении экономикой и социальными отношениями.

Прогресс экономики и методов планового руководства народным хозяйством настойчиво требовал улучшения управления. Но проблема управления тесно связана с другой важнейшей проблемой — проблемой *информации*. Чтобы эффективно управлять, надо теоретически и практически овладеть информационными процессами. Но ныне положение с информацией во всех развитых странах мира, и в частности в нашей стране, усложнилось. Нормальное функционирование развитых государств теперь немисливо без обработки гигантских массивов информации, причем в определенных, обычно весьма сжатые, сроки. Отметим, например, что в системе управления современного предприятия используются тысячи и десятки тысяч различных *типов* показателей, связанных между собой сложными зависимостями¹. А что уж говорить о более крупных экономических, производственных или административных подразделениях!

Овладение процессами управления и информационными процессами нужно не само по себе — оно необходимо для повышения эффективности труда, дальнейшего и непрерывного роста результативности работы человека в сферах материального производства, интеллектуального труда, обучения.

В самом деле: развиваются производительные силы — и расширяются масштабы производства, усложняется его содержание; растут масштабы производства — и еще быстрее возрастает сложность управления хозяйством, увеличиваются потоки экономической информации, изменяются методы ее обработки; повышается интенсивность технологических процессов — и рождаются новые требования к скорости и точности управления ими; растет народное хозяйство в целом —

¹ Ср. Ю. И. Черняк, Е. З. Майминас, В. М. Жеребин. Экономическая кибернетика. — «Кибернетику — на службу коммунизму», 5. М., 1967, стр. 367.

и огромное экономическое значение приобретает управление в оптимальном режиме; усложняется управленческий аппарат гигантского государства — и серьезно повышаются требования к скорости и надежности сбора, обработки, выдачи и использования информации во всех звеньях и т. д. и т. п.

Развитие науки также влечет за собой возрастание объемов перерабатываемой информации. Фигура ученого-одиночки — во всяком случае в областях, связанных с приложениями, — уходит в прошлое. Решение важнейших научных проблем теперь обычно обязано деятельности крупных коллективов. Такие коллективы располагают мощным оборудованием и имеют все преимущества в добычании и переработке научной информации. Описательные науки превращаются в науки точные, использующие не только содержательно-качественные, но и математические и математико-логические методы исследования, получения знаний, информации о своих объектах. Развитие теоретических методов и создание технических средств переработки информации с целью достижения эффективных (в идеале оптимальных) решений — настоятельная необходимость для современного общества.

Таким образом, кибернетика — подобно НОТ 20-х и начала 30-х годов — возникла и развивается в соответствии с объективными потребностями в лучшей организации труда, в повышении его производительности и эффективности. Но в отличие от НОТ отмеченного периода — движения, опиравшегося на очень скромные научные и технические средства, — кибернетика опирается на новую мощную область науки и технической практики: на электронику, в частности радиоэлектронику.

Кибернетика сформировалась как *чрезвычайно широкое* направление. Ее рождение, с одной стороны, связано с конструированием и применением сложных автоматов, с автоматизацией производства, с электроникой и универсальными цифровыми машинами. С другой стороны, к идеям кибернетики вели области знания, относящиеся к процессам управления и переработки информации в *конкретных* областях, например наука о жизни. В-третьих, наконец, внутренняя логика развития наиболее абстрактных наук — прежде всего математических наук и некоторых разделов теоретической физики — создавала идейно-теоретический аппарат, позднее использованный создателями кибернетики.

Широта и синтетичность кибернетики ярко проявились в творчестве ее создателей. Математик Н. Винер работал в США и Мексике совместно с учеными других специальностей, в частности с физиологом А. Розенблютом, когда у него созрели идеи новой науки. К. Шеннон закладывал основы математической теории информации, исходя из задач техники

связи. Интересы Дж. фон Неймана, одного из идейных отцов современных цифровых машин, простирались от логики и оснований математики до теории игр и математической экономики. Английский математик А. Тьюринг, давший первое в науке описание «абстрактного автомата» — идеального прообраза появившихся впоследствии универсальных цифровых машин, одним из первых в современной литературе поставил известный вопрос «Может ли машина мыслить?». Советский ученый А. Н. Колмогоров, внесший наряду с Винером большой вклад в математические основы новой области знания, после признания кибернетики расширил свои «кибернетические» интересы до проблемы «автоматы и жизнь» и математического стихосложения. Специалисты в области автоматического регулирования — в частности, отечественные ученые — ввели свои исследования в русло кибернетических идей. Теория высшей нервной деятельности И. П. Павлова, рефлексология и психология поведения, с одной стороны, подготавливали кибернетику, а с другой стороны, когда она оформилась, вступили с ней в теснейший союз. Достаточно указать на работы П. К. Анохина с его концепцией «обратной афферентации» и Н. А. Бернштейна, заложившего основы «психологии активности» и применявшего в своих работах математические методы.

Про кибернетику в большей мере, чем про какую-либо другую науку, можно сказать, что это прежде всего *горнило идей*, горнило, переплавляющее научно-теоретические идеи, старые и новые, в «сплав» *новых*, фундаментально важных научных результатов.

Известно, что новое не всегда безболезненно пробивает себе дорогу. Это относится и к науке. В науке, как и в любом деле, встречаются разные люди. Есть передовые ученые, не боящиеся трудностей и рискованных задач. Есть люди осторожные, склонные к «спокойной жизни». Но есть и консерваторы, боящиеся нового. Обычно они стремятся защищать свои позиции ссылками на авторитеты. В прошлом они нередко обвиняли своих противников в прегрешениях против диалектического материализма. Вот такие деятели в первой половине 50-х годов и выступили против «лженауки кибернетики», заняв позу правозащитников диалектико-материалистической философии. Вред, который принесли эти выступления, известен. Перевод книги Н. Винера «Кибернетика» задержался на десять лет. Да и после издания книги Винера и широкого признания кибернетики «антикибернетические» мотивы в книгах и статьях — нередко в завуалированной форме — нет-нет да и появляются. Поэтому борьбу нельзя считать законченной. Теперь уже скорее в целях демонстрации «оригинальности мышления» встречаются высказывания о том, что никакой комплексной науки об управлении и оптимизации не

существует. Что кибернетика — это сезонное, преходящее явление, своего рода мода...

Такие взгляды тормозят развитие и применение кибернетических, математических, количественных, точных методов и технических средств, в частности электронных цифровых машин. Причем это касается не только наук гуманитарных (психология, педагогика, наука о языке, экономическая наука и др.), где идеи кибернетики и до сего дня кажутся некоторым чем-то чуждым. Негативизм по отношению к кибернетике сказывается отрицательно на приложениях новых идей и методов также и в естественных (биология, медицина) и в технических науках.

Принципиальным основанием, на котором зиждется самостоятельность кибернетики в системе современного знания, являются содержание ее основных понятий и характер применяемых ею методов. Это такие понятия, как *управление*, *информация* и *оптимизация*, и такие методы, как *моделирование* и *алгоритмизация*.

В настоящее время имеется несколько определений кибернетики. В основе одних из них лежит информационный аспект, в основе других — алгоритмический. В иных отмечаются понятия причинной сети или обратной связи как выражающие специфику кибернетики. Однако во всех определениях обязательно указывается на задачу изучения математическими методами *систем и процессов управления*. Можно сказать, что в отечественной науке сложилось устойчивое представление о предмете кибернетики. Оно отражено, например, в дефиниции понятия «кибернетика» в Философской энциклопедии: «Кибернетика... наука о процессах управления в сложных динамических системах, основывающаяся на теоретическом фундаменте математики и логики, а также на применении средств автоматизации, особенно электронных вычислительных, управляющих и информационно-логических машин»¹.

Кибернетика исследует прежде всего общие закономерности, характеризующие процессы управления в различных областях. Имеются три основные области управления. Это, во-первых, управление в сфере техники; во-вторых, управление в человеческих коллективах; в-третьих, управление в живых организмах. Но это лишь основные области. Многие процессы управления не так-то просто классифицировать. Таковы, например, процессы управления в биосфере Земли. Они относятся не только к живой природе, но и к социальной сфере, и к технике: в мир живого все более активно вмешивается цивили-

¹ А. Берг, Н. Бернштейн, Б. Бирюков, А. Китов, А. Напалков, А. Спиркин, В. Тюлгин. Кибернетика.— Философская энциклопедия, т. 2. М., 1962, стр. 495.

лизация. Другой пример — процессы управления в системах, состоящих из машин и коллективов людей.

Объектом, с которым кибернетика связывает изучаемые ею процессы управления, являются *сложные динамические системы*. Мы не имеем возможности характеризовать здесь понятие сложной динамической системы¹. Укажем лишь на процессы управления в технологии; на процессы управления в организациях и коллективах людей, решающих те или иные задачи (например, финансовые, военные и т. п.); на процессы управления (регуляции) физиологического, биохимического и тому подобного характера, связанные с жизнедеятельностью организмов; на процессы, имеющие место при целенаправленном воздействии человека на природу. Кибернетика смотрит на все эти процессы как на осуществляющиеся в сложных динамических системах.

Дальнейшая конкретизация представлений о предмете кибернетики связана с уточнением ее основных понятий, которое производится в теоретических разделах этой науки. К числу таких понятий принадлежат понятия «система управления», «информация» и ряд других. Управление всегда предполагает информационные процессы, в силу чего кибернетику можно рассматривать так же, как *науку об информации*, об информационных системах. Так вот, кибернетика исследует вопросы о том, как следует эффективно осуществлять сбор, хранение, систематизацию, кодирование, передачу, выдачу потребителю, использование информации и т. п.

Далее. Существует целая система понятий, в терминах которых описываются процессы управления и информационные процессы в сложных динамических системах. В их числе понятия канала передачи информации, кодирования сообщений, обратной связи, цели (задачи) управления, гомеостаза, самонастройки, обучения (системы), адаптации, оптимизации и др. Некоторые из этих понятий, такие, как «(само)обучение», «гомеостаз», «оптимизация», особенно важны при характеристике наиболее совершенных сложных динамических систем. Это — системы, обладающие способностью самоорганизации различного уровня, выработки целей управления и определения путей их достижения. К ним относятся прежде всего живые организмы — животные и человек, а также сообщества некоторых живых организмов. Другой тип таких систем — системы типа «человек — машина». Это приборы и машины (в автоматике, технике связи и переработки информации и т. д.), взятые вместе с работающими с ними людьми-операторами. Человек в таких системах компенсирует отсутствие

¹ Мы отсылаем читателя к книге И. Б. Новика «О моделировании сложных систем» (М., 1965), в которой это понятие рассматривается в философском плане.

у современных машин сколько-нибудь развитых свойств самоорганизации. В таких «человеко-машинных» системах человек в конечном счете задает цель управления и общие критерии оценки действий, ведущих к ее достижению. И хотя определенные цели — задание целевой функции и критериев оценки действий — можно в определенных пределах уже сейчас «поручить» машинам, все же за человеком в современных системах остается решение самых важных и сложных вопросов оптимизации.

Прежде всего это создание самой *теории оптимизации*. Решению этой задачи подчинены фактически все три уровня исследовательских работ в кибернетике: теоретический, технический и прикладной. В теоретических исследованиях главное внимание обращено на создание методов оптимального управления в сложных системах различных типов. Технические разработки направлены на создание аппаратов и приборов, необходимых для реализации этих методов. Прикладные работы имеют целью использование методов и технических средств оптимизации в конкретных областях.

Следует заметить, что мы еще не подошли к созданию единой теории оптимизации процессов в любых системах. Не ясно, возможна ли такая единая теория вообще. Ведь системы, в которых протекают процессы управления, — даже если ограничиваться чисто кибернетически-информационной стороной дела — слишком различны. Системы могут носить детерминистский или вероятностный, открытый или закрытый характер. Их структура и функционирование могут быть дискретны, но могут быть и воплощением идеи непрерывности. Кроме того, различными могут быть сами требования оптимальности. Поэтому в кибернетике разрабатывается много разных методов и теоретических подходов к решению проблемы повышения эффективности процессов управления и их оптимизации. Используемый теоретический, т. е. математический, аппарат чрезвычайно разнообразен. Здесь и теория вероятностей и шенноновская теория информации, математическая статистика и теория планирования эксперимента, теория массового обслуживания и исследование операций, теория конечных автоматов и теория графов, теория алгоритмов и математическая логика, теория игр, линейное и динамическое программирование и много других быстро развивающихся новых областей математики.

Стремление обеспечить управление процессами в оптимальном режиме — ведущая черта кибернетики. Современная кибернетика — это наука об оптимальном управлении сложными процессами и системами. Ее главная задача — разработка путей достижения поставленных целей с наименьшими затратами труда, времени, материалов, энергии и информации.

Кибернетика — вся в развитии, и о ней трудно сказать в краткой статье. Это слишком разветвленное и разнообразное направление, в котором работают сотни мощных научных коллективов, осуществляется огромное количество работ, идет мощный поток научных публикаций. Мы попытаемся поэтому сказать только о главном. Таким главным мы считаем *мировоззренческое и методологическое значение кибернетики, ее роль в глобальной развитии науки, техники и производительных сил нашей страны.*

Новое в научной картине мира

Кибернетика — богатый источник новых идей, входящих в современное философское осмысление действительности. Это становится ясным, как только мы обращаемся к выяснению того вклада, который она внесла в научную картину мира, в методологию познания, в пути и тенденции практического изменения мира человеком. И самое главное состоит здесь в том, что кибернетика — это новый мощный «прорыв» знания в еще не изученную область явлений: *в область процессов управления и информационных процессов.*

Идея о существовании общих закономерностей, относящихся к управлению и информации и действующих в качественно различных областях реальности, до кибернетики не получала фактически научной разработки. Существовавший в этих вопросах своего рода вакуум пытался заполнить идеализм и фидеизм. Понятно поэтому значение появления новой науки: произошла своеобразная «достройка» научной картины мира, впервые в истории познания открылся путь к объективному *естественнонаучному и математически точному* изучению всего того, что связано с процессами управления и переработки информации в природе, технике и обществе. На этом пути кибернетика оказывает существенную помощь в решении кардинальных проблем науки, таких, как происхождение и сущность жизни и сознания.

Одной из идей кибернетики, имеющей непреходящее мировоззренческое значение, явилось «установление принципиальной неполноты той картины объективной реальности, которую рисовала наука XIX в. на базе четырех основополагающих понятий: *материи, движения, пространства и времени*»¹. Для получения целостной картины реальности в понятийный арсе-

¹ В. В. Парин, Б. В. Бирюков, Е. С. Геллер, И. Б. Новик. Проблемы кибернетики. Некоторые итоги и проблемы философско-методологических исследований. М., 1969, стр. 42.

нал науки оказалось необходимым ввести понятие *информации*, которое, всегда фактически присутствуя в обыденном языке, не было научным понятием.

Материальные процессы — это процессы переноса и преобразования вещества и энергии, протекающие в пространстве и времени. Это знали и до кибернетики. Теперь же стало очевидным, что системы материальных объектов, вещественно-энергетические процессы, существующие в пространственно-временном континууме, являются вместе с тем, в том или ином смысле, источниками, носителями, потребителями информации. Ни вещества, ни энергии, не связанных с информационными процессами, не существует. Это вытекает из распространенного в кибернетике понимания информации как меры разнообразия объектов действительности¹.

Информационные процессы присутствуют во всех актах функционирования живой материи. Информация проникает во все «поры» жизни людей и социальных структур. Человек живет на Земле в гравитационном поле, во всевозможных энергетических и радиационных полях. Но не только в них. Он находится и в своего рода информационном поле, непрерывно воздействующем на его органы чувств. В свете кибернетики очевидно, что, если бы живые существа не обладали органами чувств или иными «приборами» улавливания информации или если бы не существовало «информационного поля», жизнь на Земле не могла ни возникнуть, ни существовать. Человек не может жить ни в вещественно-энергетическом, ни в информационном вакууме.

Понятие *информации* в кибернетике уточняется в математических теориях информации. Эти теории — статистическая, комбинаторная, топологическая, семантическая и другие — проливают новый свет на ряд аспектов философского понятия *отражения*. Введенные в этих теориях количественные оценки информации, описания процессов ее передачи и преобразования дают необходимый аппарат не только для математически точного исследования процессов управления, но и открывают новые пути изучения *взаимодействий* материальных объектов вообще. А именно в этих взаимодействиях реализуется та лежащая в «фундаменте самого здания материи» способность отражения, о которой писал В. И. Ленин. Заметим в этой связи, что принципиальный подход к трактовке понятия информации на основе идеи об общематериальном атрибуте отраже-

¹ Этот подход к информации был развит Эшби (см. У. Р. Эшби. Введение в кибернетику. М., 1959); см. также: В. М. Глушков. О кибернетике как науке.— «Кибернетика, мышление, жизнь». М., 1964; А. Д. Урсул. К обоснованию определения понятия «информация». — «Научно-техническая информация», 1966, № 7.

ния прочно утвердился в отечественной философской литературе¹.

Другое основное понятие кибернетики — *система управления* — также имеет фундаментальное мировоззренческое значение. С этим понятием в сферу научных рассуждений вошли такие материальные образования (или такие стороны материальных образований), которые ранее выпадали из картины реальности. При этом особую важность имеет понятие о системах управления, обладающих свойствами адаптации и самоорганизации. Такого рода системы — это «открытые» системы, т. е. системы, при изучении которых необходимо учитывать их взаимодействие со средой. Характерная черта этих систем состоит в том, что они обладают способностью к устойчивому сохранению своих состояний (или определенных характеристик своих состояний). Если внешние воздействия выводят их за пределы «пространства» таких состояний, они стремятся вернуться к ним. Устойчивость таких «гомеостатических» систем — это название объясняется тем, что «образом» их является известный гомеостат Эшби — обеспечивается происходящими в системе внутренними перестройками: изменениями структуры, «сдвигом» в функционировании ее частей и т. п. Обычно такие системы управления состоят из иерархии подсистем, из которых одни подчиняют себе другие. Взаимодействие подсистем осуществляется посредством передачи управляющей («командной») и осведомительной («обратной») информации о поведении частей системы.

Картина, которую мы нарисовали, конечно, упрощает действительную сложность наиболее совершенных объектов кибернетического анализа. Существуют различные градации устойчивости, адаптации, организации и самоорганизации. Мы отметим лишь одну сторону вопроса. Системы управления «гомеостатического» типа, рассматриваемые в технической кибернетике, характеризуются тем, что задачу отыскания и сохранения (или изменения в соответствии с некоторыми критериями) своего состояния они решают, реагируя на уже осуществившиеся или осуществляющиеся в данный момент воздействия среды. Проводимые работы показывают, что реализация такого рода адаптивного поведения — не простая задача. «Устойчивость», «ультраустойчивость», «приспособляемость» таких систем достигается обычно не элементарным ме-

¹ О значении теории информации для углубления представлений материалистической теории отражения говорится в многочисленных работах. Мы ограничимся указанием: В. С. Тютгин. Отражение и информация. — «Вопросы философии», 1967, № 3; К. Е. Морозов. Философские проблемы теории информации. — «Философия естествознания», вып. 1. М., 1966.

тодом «проб и ошибок». Приходится привлекать разные «хитроумные» методы поиска, основанные на разработках теоретической и технической кибернетики.

Но природа знает и более высокий уровень адаптации и самоорганизации. Его демонстрирует биоэволюция, жизнь. Живые системы способны к активной реорганизации. *Активность* — это прежде всего способность, в тех или иных пределах, к предвосхищению, предвидению будущего. Естественные «гомеостатические» системы обладают не только памятью, отражающей их индивидуальный и «родовой» опыт, но и аппаратами, позволяющими в ходе *обучения* и накопления опыта улавливать закономерности внешней среды, строить общие понятия и представления (или их аналоги — на более низких ступенях жизни). При этом существенно, что эта «предвосхищающая» деятельность связана с выработкой данной системой *цели поведения*. *Целеполагание*, определяемое *потребностями* живого, становится — во всяком случае начиная с уровня животного мира — неотъемлемым элементом адаптивного поведения.

Раскрытие природы таких систем — важная задача кибернетики. Ее решение существенно для создания все более «умных» автоматов. Заметим, что здесь наука находится еще в самом начале пути. Мы умеем наделять машины «индивидуальной» памятью, но машинное воспроизведение «родовой» памяти делает еще первые шаги. Мы умеем создавать машины, предвидящие будущее поведение контролируемых объектов на основе познанных человеком (в том числе и с помощью самих машин) закономерностей. Но вот уже «вложение» в современные автоматы свойства целеполагания, столь характерного для развитых форм жизни, сталкивается с огромными трудностями.

Мы уверены, что эти трудности будут преодолены: живые кибернетические системы так же познаваемы, как и «мертвые». Существенную роль в этом, по-видимому, сыграет «функциональный» подход к определению сущности жизни и мышления. Правомерность такого подхода была со всей решительностью подчеркнута А. Н. Колмогоровым¹. Он предложил освободить определение жизни и мышления от представлений о конкретной природе лежащих в их основе физических процессов. По мнению Колмогорова, определение жизни должно быть «чисто функциональным». При этом описание явлений жизни с кибернетических позиций, по мнению советского математика, невозможно «без привлечения совсем нового (для точного, пользующегося математическими методами, естество-

¹ См. А. Н. Колмогоров. Жизнь и мышление как особые формы существования материи. — «О сущности жизни». М., 1964.

знания.— А. Б., Б. Б.) ряда понятий, без представлений о внутренней, свойственной этим системам *целесообразности*»¹.

В кибернетической литературе нередко ставится вопрос о подробной разработке «кибернетики и математики живого». Хотя такая разработка — в основном дело будущего², уже сейчас ясна мировоззренческая ценность представления о живых организмах как о сложных динамических системах управления и переработки информации. Конечно, такое представление не претендует на исчерпание «специфики живого». Кибернетика не «подменяет» биологию. Но это представление открывает возможность математического описания явлений жизни, в частности механизмов приспособления к внешней среде и биоэволюции. Большую роль здесь призваны сыграть исследования принципов построения самоорганизующихся систем. Эти исследования ведутся как в рамках теоретической, так и в рамках технической кибернетики, включая моделирование процессов адаптации и самоорганизации на электронных цифровых машинах.

Разработка упомянутых проблем прокладывает дорогу более глубокому изучению вопроса о сходстве и различии между живой и неживой природой. Это изучение предполагает выяснение природы упоминавшегося выше феномена активности живых существ. А это в свою очередь требует исследования явлений, выражаемых в понятиях целесообразности и целенаправленности. Кибернетика как раз и позволяет приступить к уточнению понятия *цели*³. При этом подход кибернетики находится в согласии с известным философским тезисом, согласно которому целесообразность и целенаправленность должны быть поняты как некоторые наделенные своей спецификой системы причинно-следственных связей. В. И. Ленин писал о целенаправленной деятельности человека: «Законы внешнего мира, природы... суть основы *целесообразной* деятельности человека. Человек в своей практической деятельности имеет перед собой объективный мир, зависит от него, им определяет свою деятельность»⁴.

Естественно, что кибернетика отбрасывает фидеистическо-телеологическое понимание цели. Рассматривая цель, или задачу, управления в кибернетике в отвлечении от характера систем, мы увидим, что она сведется, в общем и целом, к кри-

¹ А. Н. Колмогоров. Жизнь и мышление как особые формы существования материи.— «О сущности жизни», стр. 51.

² Интересные подходы к такой «биоматематике» уже имеются. В качестве примера укажем на работу: О. С. Кулагина, А. А. Ляпунов. К вопросу о моделировании эволюционного процесса.— «Проблемы кибернетики», вып. 16. М., 1966.

³ Ср. Б. С. Украинцев. Процессы самоуправления и причинность.— «Вопросы философии», 1968, № 4.

⁴ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 169—170.

терию качества управления, к тому, что в основе своей определяет выбор и направление соответствующих действий. В самых общих чертах понятие цели в кибернетике включает в себя стремление к сохранению устойчивости организации. Это понятие тесно связано с понятием *оптимизации* процесса управления. Оптимальное управление — это обязательно управление, ведущее к достижению цели, к решению задачи управления.

Управлять — значит решать какую-то задачу, достигать какой-то цели. Техническим системам в общем случае цели ставятся извне: их формулирует человек. Мир живого — это мир внутренней выработки целей, в основе которых лежат *потребности*. Именно потребности приводят к тому, что целеполагание в мире живого носит не только «внутренний», но и *активный* характер. Живое существо добывается своих целей, воздействуя на окружающую среду. Целенаправленность пронизывает каждое явление в живой природе. Конечно, это не сознательная целенаправленность: таковая формируется только на уровне разумных существ. Но на любом уровне целеполагания последнее неотделимо от процессов управления. По удачному выражению Н. А. Бернштейна, живая природа постоянно ставит вопрос «для чего?». Кибернетика помогла понять, что этот вопрос равноправен с вопросами, которыми издавна «интересовалась» природа, — «как?» и «почему?».

Идеи кибернетики в содружестве с идеями биологии и психологии привели к развитию нового направления исследований — «физиологии и психологии активности», связанного прежде всего с именем Н. А. Бернштейна. Бернштейн понимал под активностью живых систем всю динамику их целеустремленной борьбы за существование посредством целесообразных механизмов¹. Живые системы всегда имеют какие-либо потребности. Они удовлетворяют их, активно отбирая из среды то, что соответствует этим потребностям. Активность наиболее ярко проявляется в отсутствии у живого организма «безразличия» к существенно важным воздействиям среды. Адекватный ответ организма на такие воздействия нередко приводит к мобилизации всех его сил. Поэтому активность можно считать самым определяющим в жизнедеятельности, а ее изучение — имеющим важнейшее значение для уяснения специфики жизни как формы движения материи и для раскрытия природы психического.

Мы уже говорили о том, что активный характер поведения организмов неотделим от предварения (прогнозирования, предвидения) его результатов. В кибернетике все шире начи-

¹ См. Н. А. Бернштейн. Проблемы моделирования в биологии активности. — «Математическое моделирование жизненных процессов». М., 1968.

нают исследоваться возможные механизмы построения предвещающих «внутренних моделей» будущих ситуаций и действий. Эти работы ведутся с привлечением различных теоретических средств и моделирования на электронных машинах. В идейном аспекте они во многом созвучны известной кибернетико-физиологической концепции «опережающего отражения действительности»¹.

Понятие активности в еще большей мере относится к *человеку*. Ведь человек в своей деятельности осознанно ставит цели, формулирует задачи, соответствующим образом направляет свое поведение. Все понимают огромное научное значение классических работ Ч. Дарвина и И. П. Павлова. Однако их теории не могут объяснить специфически человеческого поведения. Конечно, в мире живого идет борьба за существование, гибнут наименее приспособленные. У животных, да и у людей образуются условные рефлексy. Все это так. Но только человек не ждет многократного повторения звонка или другого раздражителя, чтобы выделять слюну, как это делали собаки И. П. Павлова. Он не строит свое поведение в расчете на немедленное вознаграждение, как вели голуби в опытах американского психолога Б. Скиннера. Человек активен, он мыслит и предвидит будущее. В соответствии с этим на основе предшествующего опыта и имеющейся у него информации он управляет своим целенаправленным поведением — поведением, изменяющим мир, в котором он живет.

Как известно, кибернетика не претендует на то, что скажет когда-нибудь последнее слово в анализе природы человека и человеческого общества. Но что она весьма способствует, помогает такому анализу — это бесспорно. Существенно, в частности, что она подчеркивает методологическое значение учета аспектов целенаправленного действия как компонентов человеческой деятельности, важность исследования проблемы активности. Это обстоятельство полезно иметь в виду в силу того, что недооценка проблемы активности чревата нежелательными последствиями. Влияние человека на окружающую природную среду все время возрастает. Человек все активнее приспособливает материальный мир к своим потребностям и нуждам. Если несколько десятков лет назад эта мощная активность лишь намечалась, то ныне успехи науки и производства в корне изменили картину: возможности человеческого общества в приспособлении внешней среды к своим нуждам неизмеримо возросли. В этих условиях существенно уменьшить возможное вредное влияние случайности. Необходимо обеспечить принятие оптимальных решений в меняю-

¹ П. К. Анохин. *Опережающее отражение действительности*. — «Вопросы философии», 1962, № 7.

щихся условиях. Надо во все большей мере овладеть искусством предвидения будущего на основе знаний и приобретенного опыта и умением управлять своими действиями в соответствии с ними.

Новая наука — новые методы

Методы научного исследования также претерпели существенные изменения под влиянием новой науки. Дело в том, что кибернетика привела к проникновению в познание таких методов, как моделирование, формализация, алгоритмизация. Она привела к своеобразной экспансии функционального подхода в научных разработках: изучая системы управления, кибернетика акцентирует внимание прежде всего на присущих им способах *поведения, функционирования*. Большую роль в кибернетике играет изучение процессов и систем в терминах «вход» — «выход». Однако такой — функциональный — подход дополняется в кибернетике подходом «структурным», учитывающим строение систем управления. Иначе говоря, «входо-выходное» описание — некоторые исследователи называют его *макроподходом* — дополняется *микроподходом*.

То, что чисто функциональным подходом дело не может ограничиваться, понятно с философской точки зрения. В. И. Ленин писал, что «мысль человека бесконечно углубляется от явления к сущности, от сущности первого, так сказать, порядка, к сущности второго порядка и т. д. *без конца*»¹. В применении к ситуации в кибернетике это означает, что по мере углубления познания, по мере все более полного изучения познаваемого объекта (на «макроуровне») мы можем заключать и о внутреннем строении последнего — осуществлять уже кибернетический «микроподход».

При этом следует подчеркнуть, что структурно-функциональный подход не означает принципиального отказа от учета физической природы компонентов системы. Ведь физическая природа — «субстрат» — систем тоже может рассматриваться с позиций структурно-функционального подхода: то, что на одном уровне рассмотрения выступает в качестве неразложимого компонента системы, при дальнейшем анализе само оказывается системой с присущими ей функциями и структурой. Эта сторона методологии кибернетики имеет не только общепсихологическое значение — в некоторых постановках задач она находит вполне конкретные формы. Например, связанный с кибернетикой функциональный подход к определению понятия жизни не снимает еще вопроса о связи «сущности» жиз-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 227.

ни с характером ее носителей. Зависят или не зависят фундаментальные свойства живого от физической природы компонентов их носителя — а если зависят, то в какой мере, — вопрос этот еще ждет своего выяснения.

Во всяком случае кибернетику нельзя считать наукой, в которой происходит отвлечение от любой качественной специфики процессов управления и информационных процессов в тех или иных областях действительности. Все зависит от степени абстрактности соответствующих теорий. Для теорий математической кибернетики (например, для теории конечных автоматов) это отвлечение может быть весьма сильным. Иначе обстоит дело в «конкретных» разделах кибернетики, где трактуются прикладные вопросы. В разных разделах кибернетики — теоретическом, техническом и прикладном — неодинаковой является и степень отвлечения от структурных и «субстратных» сторон изучаемых в ней объектов. Но «абсолютным» такое отвлечение в целом быть не может, — хотя бы уже потому, что сама природа материи, выявляемая физикой, накладывает определенные ограничения на процессы переработки информации. Но если это отвлечение не может быть «абсолютным», то «относительным», т. е. определяемым постановкой задачи в данном исследовании процессов управления, оно должно быть. Хотя функциональный подход к системам управления и не может исчерпать полностью их существа, лишь он обеспечивает возможность приступить к раскрытию их природы.

Кибернетика всегда идет рука об руку с математикой. И на уровне функционального, и на уровне структурно-функционального подходов в кибернетике изучение ее объектов происходит с помощью математических средств. При этом математические методы кибернетики теснейшим образом связаны с реализацией этих методов с помощью современных вычислительных машин и автоматов. Возможность такой реализации вытекает из *алгоритмического подхода*.

Развитие алгоритмического подхода — существенно новая черта научной методологии середины XX в., связанная именно с кибернетикой. Дело в том, что операции в системах управления осуществляются не «беспорядочно» — в их основе лежат строго регламентированные правила — *алгоритмы*. Можно сказать, что процессы управления в сложных динамических системах сводятся к реализации определенных алгоритмов. Алгоритмизация процессов управления в конструкторской и познавательной деятельности человека предполагает точное описание этих процессов на том или ином точно построенном искусственном языке — их *формализацию*. В основе формализации лежат методы *математической логики*. Формализацию средствами математической логики приходится применять,

например, при описании работы вычислительных систем, при изучении строения и функционирования управляющих систем, при разработке методов синтеза систем. При этом формализация, алгоритмический подход в кибернетике не противоположны другим методам этого научного направления, в частности эвристическим и экспериментальным. Последние — например, методы «обучения» автоматов, «машинный эксперимент» или автоматизация поиска доказательств теорем — обязательно включают в себя формализацию и алгоритмизацию.

Формализация и алгоритмизация составляют то, что можно назвать *логико-алгоритмическими методами*. Но наряду с этими методами можно говорить и о *вероятностно-статистических методах* кибернетики. Если логико-алгоритмические методы — в их современном виде — во многом связаны именно с кибернетическими идеями и постановками задач, можно сказать неотделимы от науки о процессах управления, то вероятностно-статистические методы имеют длительную историю до кибернетики. Кибернетика, однако, придала им новую направленность. Сложившаяся в рамках ее идей вероятностно-статистическая теория информации принадлежит ныне к важнейшим элементам теоретической базы кибернетики. Можно указать также на исследование методов управления случайными процессами и их моделирование. Вероятностно-статистические методы имеют важное значение для разработки адаптивных систем управления, самоорганизующихся систем, для теории и практики «обучения» систем управления, для разработки методов нахождения оптимальных решений и т. д.

В математике и физике издавна противостояли друг другу *дискретный подход* и подход, основанный на идее *непрерывности*. Математический анализ, например, — это мощное орудие математического мышления, преобладавшее в математике на протяжении последних трех столетий, — является ярким воплощением идеи непрерывности. Кибернетика внесла новое в данный вопрос: она способствовала выяснению общенаучной значимости *дискретного подхода*. В кибернетике преобладают дискретные методы описания систем управления. Эти методы связаны с развитием дискретной и конечной математики, в которую органически вписываются и методы логики, и теория конечных автоматов, и теория игр, и многие другие, ныне столь знаменитые «кибернетические» дисциплины.

Говоря о методах кибернетики, невозможно не сказать о *моделировании*, т. е. исследовании объектов познания на их *моделях*¹. Как известно, моделирование как познавательный прием возникло задолго до кибернетики². Но лишь киберне-

¹ См. Ю. Гастев. Модель. — Философская энциклопедия, т. 3. М., 1964.

² Философское исследование метода моделирования содержится в монографии: В. А. Штофф. Моделирование и философия. М.—Л., 1966.

тика показала, что этот познавательный прием носит общенаучный характер. Он глубоко связан с методологией научного познания на современном этапе. Приложения кибернетики открыли триумфальную дорогу этому методу в такие области знания и практической деятельности, в которых моделирование до этого не играло какой-либо роли.

Благодаря кибернетике важнейшим предметом моделирования стали системы управления различной природы. Возникло *кибернетическое моделирование*. При этом, следуя своему подходу, кибернетика при моделировании обращает главное внимание на отображение в моделях тех информационных процессов, которые протекают в сложных динамических системах. Моделирование в кибернетике обычно является вместе с тем и *математическим моделированием*. При этом имеется в виду такое моделирование, которое осуществляется с помощью знакового аппарата математики (и математической логики) и реализацией которого являются процедуры в современных вычислительных машинах и автоматах (например, в управляющих машинах).

Кибернетика внесла много нового в методы научного исследования. Но она, конечно, не претендует на вытеснение тех познавательных приемов, которые издавна изучаются в гносеологии и логике. Не посягает она и на традиционные методы различных конкретных наук. Но она присоединяет к арсеналу всех этих средств свои приемы и методы, памятуя, однако, что в общем контексте научного познания ее методы применяются в органическом единстве со всем многообразием средств познания.

«Кибернетизация» знания

В наши дни происходит стремительное расширение круга наук и областей практической деятельности человека, в которых находит применение кибернетика. Идеи и методы кибернетики постепенно меняют лицо многих научных дисциплин. Это касается даже самой «самостоятельной» из наук — математики.

Кибернетика и электронная цифровая техника не только сильно расширили возможности вычислительной математики, но — и это, пожалуй, главное — оказали серьезное влияние на развитие самих математических теорий. Практические потребности исследования конкретных процессов управления ставят перед математиками новые задачи, требуют продвижения в определенных направлениях существующих математических теорий, создания новых направлений. Например, большие требования предъявляют к математике экономическая наука и наука о жизни, причем зачастую такие требования, которых

вообще не могло быть до проникновения в эти области кибернетики.

Развитие кибернетики обогащает весь комплекс естественных и гуманитарных наук. Это касается биологии, физиологии, теории эволюции, генетики, лингвистики, науки о праве и т. д. В свое время В. И. Ленин оценивал как крупный успех естествознания приближение познания к таким объектам, законы движения которых допускают математическую обработку¹. Кибернетика как раз и есть эффективный путь к такой обработке. А это имеет огромное познавательное и практическое значение, ибо всюду, где применяется кибернетика, она вносит *точность*. Например, это касается сбора первичной информации об объектах управления. Вопросы этого рода занимают виднейшее место в приложениях кибернетики и электроники в биологии и медицине. Достижение точности не меньшее значение имеет и для описания самих процессов управления, и для их оптимизации. Именно применение математических методов кибернетики прокладывает дорогу эффективной организации процессов переработки информации и управления. А это означает прогрессивные технологические решения, высокие мощности, недостижимые ранее скорости, недоступные для прошлых эпох точности измерений и т. д.

Конечно, было бы неверно не видеть имеющихся трудностей на пути внедрения математико-кибернетических методов в различные науки; такое внедрение не всегда проходит гладко. Трудности проистекают из многих причин: из неподготовленности данной науки к «восприятию» точных методов, из сложности формализации и алгоритмизации задач в соответствующей области (например, относящихся к автоматическому переводу, решение проблем которого оказалось связано с гораздо большими затруднениями, чем поначалу можно было ожидать). Но кроме трудностей бывает и просто сопротивление; новые методы не всегда воспринимаются с должным пониманием. Но борьба за них идет уже несколько десятилетий, и результаты мы теперь видим все более явственно: кибернетические, математические, количественные методы внедряются во все области знаний и труда человека. Не за горами то время, когда противопоставление описательных, «качественных» наук наукам «точным» будет представляться анахронизмом.

Чтобы не быть голословными, приведем некоторые примеры. Они касаются применения кибернетики в науках *биолого-медицинского цикла*, в частности в хирургии, диагностике и профилактике заболеваний. В Советском Союзе, как и во многих других странах, все теснее становится взаимодействие представителей точных наук с биологами и медиками. Работы по

¹ См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 326.

использованию достижений электроники и кибернетики в медицине ведутся у нас с 1959 г. Отрадно отметить полученные с тех пор результаты. Достигнуты значительные успехи в автоматической диагностике некоторых серьезных заболеваний, например болезней сердца, некоторых злокачественных заболеваний. Успешно ведутся работы по использованию и «обучению» электронных машин постановке диагноза рака легких. В настоящее время методы машинной диагностики для некоторых заболеваний прошли уже экспериментальную проверку. Более того, они начинают находить применение в практической деятельности клиник, например в Институте хирургии имени А. В. Вишневского Академии медицинских наук СССР.

Электронные цифровые машины, соответствующим образом запрограммированные, становятся надежными помощниками врачей. Проведенные работы показали, что в ряде случаев эффективность работы машин является весьма высокой. Оперирова большими объемами информации, машина при некоторых условиях может поставить правильный диагноз и в тех случаях, когда врач этого сделать не в состоянии. Сейчас в нашей стране над вопросами автоматизации диагностики работает более десятка научных коллективов. Предусматриваются меры по дальнейшему развитию этих работ.

В настоящее время можно утверждать, что медицинская и биологическая кибернетика сложились в самостоятельные научные направления. Мировые достижения в этих направлениях обсуждались в 1966 г. на IV Международном конгрессе по медицинской кибернетике, причем видное место в его работе заняли доклады советских специалистов по медицинской электронике и кибернетике П. К. Анохина, Н. П. Бехтеревой, Н. Н. Василевского, П. Е. Кунина, И. П. Смирнова, Е. А. Умрюхина и др.¹

Кибернетические методы и средства интенсивно проникают в *гуманитарные науки*. Возьмем, например, право. Здесь перспективным является применение кибернетики как к юридической теории, так и к судебной-следственной практике. И уже ведутся работы по созданию систем накопления и автоматической обработки юридической информации.

Для овладения информационными процессами и процессами управления огромное значение имеет изучение *человеческого мышления*. Чтобы создавать все более совершенные вычислительные, управляющие и информационно-логические машины и системы, надо лучше понимать закономерности умственной деятельности человека. В конце концов человек ведь способен решать самые сложные задачи управления! Его мозг является

¹ «Actes du IV^{me} Congres international de médecine cubernétique». 19—22 Septembre. Nice, 1966, France.

высокосовершенным и экономичным органом переработки информации. Для кибернетического моделирования мыслительных процессов, для отображения их в виде алгоритмов, которые могут вкладываться в создаваемые человеком автоматические системы переработки информации, существенно знание логической структуры мышления. При этом речь идет об изучении мышления *объективными и точными методами*. Большие возможности в этом направлении открывает современная формальная (математическая) логика. Взаимодействие кибернетики, логики и науки о языке привело к оформлению математической лингвистики. Другим проявлением этого взаимодействия явились работы по созданию искусственных языков для хранения и обработки информации, относящихся к тем или иным областям науки или практической деятельности.

Особого внимания в связи с кибернетикой заслуживают проблемы *психологии и педагогики*. Ныне можно констатировать настоятельную необходимость в расширении и углублении исследовательских работ по внедрению математических и кибернетических методов в психологическую науку (в инженерную психологию, педагогическую психологию, возрастную психологию и т. д.). За рубежом ведутся многочисленные работы по математической психологии, математическим методам в педагогике, по кибернетическим теориям обучения. В нашей стране широкое признание получила *инженерная психология*. Это и понятно, ибо важнейшей задачей этого направления является изыскание способов оптимального взаимодействия человека с машинами, автоматами.

Действительно, по мере усложнения процессов, которыми управляет человек, по мере развития машин и автоматических устройств, с которыми ему приходится работать, возрастает объем информации, которой должны «обмениваться» человек и машина. Но человеку присущи определенные психологические и физиологические характеристики, определяющие оптимальные условия усвоения им информации. Поэтому в проектирование кибернетических устройств включились не только специалисты в области математики, автоматике и электроники, но и психологии. Задачей последних является изучение «информационных параметров» человека с целью определения того, как нужно организовывать взаимодействие человека и машины, чтобы человек трудился в оптимальном режиме и без перегрузок, а машина сохраняла высокую эффективность своей работы¹.

¹ Инженерной психологии посвящено много работ отечественных исследователей. См., например, *Б. Ф. Ломов*. Человек и техника. Очерки инженерной психологии. М., 1966. О зарубежных исследованиях в этой области см. кн.: «Инженерная психология за рубежом». Сб. М., 1967.

Далее. В настоящее время во всем мире разворачиваются работы по *математизации психологии*¹, в том числе педагогической психологии, — науки, которая не так давно казалась недоступной для формализации и алгоритмизации. Эти работы имеют большую ценность. Нас интересует воспитание в ученике, подростке, юноше и девушке потребностей к труду, к овладению знаниями, к общественно полезной деятельности. Решению этих задач должны способствовать такие направления психологической науки, как педагогическая психология, возрастная психология, социальная психология. Но эти направления все больше нуждаются в помощи со стороны представителей точных наук и инженеров — создателей современных автоматических устройств. Без современного, в том числе и кибернетического, оборудования вряд ли можно рассчитывать на успех в сборе и переработке информации о психических процессах. От педагогов будущего потребуются совершенно иной уровень подготовки в психологии и точных науках, чем тот, который в начале века считался достаточным. Лишь при этом условии они смогут узнать существенно новое относительно информационного содержания физиологических процессов в нервных сетях человека.

Содружество кибернетики с психологией и физиологией привело к тому, что теперь уже можно требовать проектирования, конструирования и выпуска таких приборов, аппаратов и машин, которые соответствуют психофизиологическим свойствам использующего их человека. Речь идет о машинах, адекватных тем задачам, которые человек ставит перед собой в труде и обучении. С другой стороны, исследования биологических систем и психики, проводимые с кибернетическим «прицелом», открывают новые перспективы перед автоматикой. Работы такого рода — их относят к новой области исследований, получившей название бионики, — уже начинают помогать в формулировании новых принципов построения технических систем управления².

В философском плане важно подчеркнуть, что ни кибернетика, ни математика не «подменяют» наук об обществе и человеке. Специфика предмета последних, области их исследования нисколько не отменяются и не сужаются от применения к ним математико-кибернетических идей и методов. Наоборот, такое

¹ Фундаментальной сводкой зарубежных работ в этой области является издание: «Handbook of Mathematical Psychology», vol. I, II, III. New York and London. 1963—1965; см. также: «Экспериментальная психология», т. I и II. М., 1966.

² О приложениях кибернетики в различных областях знания (особенно об отечественных исследованиях) см.: «Кибернетика — на службу коммунизму», т. 5; «Кибернетика. Проблемная записка». «Информационные материалы» Научного совета по комплексной проблеме «Кибернетика» Академии наук СССР, № 11. М., 1967.

применение лишь содействует расширению и углублению проводимых в них исследований. При прочих равных условиях кибернетика лишь помогает решать задачи, которые выдвигаются в конкретных гуманитарных науках. И пренебрегать этой помощью не следует.

Повышение эффективности труда и обучения

Кардинальной задачей нашего общества является задача повышения эффективности деятельности человека. Как известно, двумя главнейшими сферами этой деятельности являются *труд* и *обучение*, и в обеих кибернетика играет все большую роль. Сначала о кибернетике в сфере трудовой, производственной деятельности.

Имеется много важнейших областей практически-производственной, трудовой деятельности, где идеи и методы кибернетики дают ценные результаты. Обо всех них не рассказать в краткой статье. Мы скажем лишь об одной из них — об *экономической сфере*. Необходимость использования методов и средств кибернетики в экономике теперь признается всеми. Эта необходимость вытекает из многих факторов. Одним из них является решение задач комплексной механизации и автоматизации производственных процессов в промышленности. Если частичная автоматизация отдельных производственных операций может оказаться сравнительно простой задачей, вполне посильной для «старой» техники, то комплексная автоматизация сложных и разнообразных, но взаимосвязанных технологических процессов является, несомненно, труднейшей задачей. Для ее решения нужно обеспечить прежде всего экономическую эффективность управления.

Далее, само управление технологическими процессами подвергается автоматизации. При этом все большее внимание привлекает обеспечение такого автоматического управления, когда поставленная цель — получение готового продукта высокого качества — достигается в возможно короткое время, т. е. наиболее выгодным, оптимальным путем. Для многих случаев практики эта задача может быть решена на основе предварительных теоретических, математических исследований. Часто приходится прибегать и к моделированию процессов на электронных цифровых машинах. Начинают находить практическое применение и другие способы оптимизации, когда само управляющее устройство в процессе работы находит наиболее выгодный режим.

Кибернетика, ее аппарат, идеи, методы и средства находят применение в широких сферах экономики. Область, где наиболее ярко выступает роль кибернетики, — это создание и внедре-

ние автоматизированных систем управления. И это понятно. Персонал экономического управления в нашей стране превысил сейчас 10 млн. человек. Его нагрузка непрерывно возрастает. Растет и потребность в кадрах экономического управления. Но управление нашей динамичной экономикой стало настолько сложным, что простое увеличение численности работников управления уже не дает эффекта. Поэтому ставится задача создать во всех ведущих звеньях хозяйства — от Госплана СССР до отдельных предприятий — автоматизированные системы управления, использующие мощные электронные цифровые машины и весь арсенал методов и средств кибернетики. На целом ряде предприятий и других экономических объектов уже созданы вычислительные центры.

Известно, что электронная машина может успешно работать лишь в том случае, если ей четко поставлена задача, задана определенная программа. Поэтому внедрение вычислительной техники в народное хозяйство стимулировало изучение сложных процессов экономического управления. Без такого изучения невозможны ни постановка задачи, ни составление программы ее решения. Для этого разрабатывается специальная теория, создаются особые методы. Эта область исследований получила название *математической экономики*, или *экономической кибернетики*.

В каких направлениях идет развитие экономической кибернетики? Что она дает практике? Основные исследования здесь направлены на создание математических основ построения систем управления для нужд народного хозяйства. Эти системы призваны решать такие задачи, как управление производством, анализ качества технологических процессов, планирование работы предприятий и т. д. Исследования, проведенные на многих экономических объектах, вскрыли громадные резервы, талящиеся в совершенствовании самих методов и форм управления. Рекомендации по организации и распределению ответственности, материальному и моральному стимулированию, улучшению документации и методов работы дают эффект, который трудно переоценить.

Особо следует подчеркнуть, что кибернетика и математика внесли в экономическую теорию и практику новый для них принцип — *принцип оптимальности*. Смысл этого принципа в том, что в каждом планово-хозяйственном решении следует искать единственно наилучший в данных условиях вариант — оптимальное решение. При этом математика, кибернетика и вычислительная техника открывают *реальную возможность находить оптимальные экономические решения*. Можно было бы указать на многочисленные примеры реализации этого принципа, например относящиеся к оптимизации структуры отрасли промышленности, к оптимальному размещению производительных

сил, оптимальным планам перевозок массовых грузов и т. д. Обычно оптимальный план на 5—8% эффективнее плана, рассчитанного традиционными способами, а в ряде случаев, например в строительстве, даже лучше на 15—20%. Учитывая гигантские размеры нашего народного хозяйства, можно представить себе, что дает на практике реализация кибернетического принципа оптимальности.

Экономическая кибернетика решает все более сложные задачи в области планирования и управления народным хозяйством. Использование математических методов планирования и управления в сочетании с кибернетической техникой уже дало многие миллионы рублей экономии. Экономика, управление социалистическим народным хозяйством явится в недалеком будущем одной из самых важных сфер приложения методов, идей и средств кибернетики¹.

Другой широкой сферой применения кибернетики является *обучение*. Идеи кибернетики в обучении привели к возникновению новой отрасли науки — *кибернетической педагогики*, которая подходит к процессу обучения как к функционированию систем управления.

Следует прежде всего сказать о значении самой проблемы. Известны успехи в подготовке кадров специалистов в нашей стране. «Информационной» деятельностью по повышению своей квалификации в настоящее время в СССР занято примерно 80 млн. человек. Это люди всех возрастов — от младших школьников до взрослых. Их обучает около 3 млн. преподавателей в вузах, техникумах, училищах, школах. В обучение вовлечена треть населения страны, ибо настало время, когда необходимо всю жизнь учиться: этого требует быстрый научный и технический прогресс.

Такие масштабы обучения влекут за собой огромные усилия и затраты. Естественно встает проблема повышения эффективности педагогического труда, причем это касается как обучающихся, так и обучаемых. Научная организация процесса обучения — задача сегодняшнего дня. Поэтому на службу повышения эффективности педагогического труда сейчас начинают привлекаться достижения не только гуманитарных, но и точных наук, не только, скажем, психологии, но и кибернетики и математики.

Это не простая задача. Ведь область обучения можно считать одной из самых «консервативных» областей. По существу во второй половине XX в., в век космоса и электроники, миллионы детей и взрослых обучаются теми же методами, какими

¹ Подробнее о методологических вопросах экономической кибернетики см.: Н. П. Федоренко. Экономика и математика. М., 1967; А. И. Берг, Ю. И. Черняк. Информация и управление. М., 1966.

обучалось в прошлом в сотни раз меньшее число людей. Возникает актуальнейшая задача приведения нынешних методов и средств преподавания в соответствие с современными научными и техническими возможностями. И во всем мире за последние годы происходит переоценка устаревших методов.

Для нашего изложения существенно, что эта переоценка в значительной мере идет за счет «кибернетизации» обучения. Совершается постепенный — пока, конечно, преимущественно в экспериментальном порядке — переход к «кибернетическим» методам обучения. Эти методы дают значительно лучшие результаты, причем за более короткое время обучения. Особо следует сказать о ведущихся (как в нашей стране, так и в ряде других стран) интенсивных исследованиях возможностей применения в обучении быстродействующих электронных цифровых машин¹. Уже сейчас разработаны способы, позволяющие с помощью одной такой машины обслуживать одновременно несколько сот обучаемых. При этом применение кибернетической техники позволяет вести обучение на самом высоком уровне: учитывать особенности обучающихся, их способности, индивидуальные темпы их работы и т. п. Так рождается кибернетическая педагогика — направление, в которое вливается широко известное ныне *программированное обучение*.

Интенсивная работа в области кибернетической педагогики происходит во всем мире, причем масштабы ее непрерывно растут. Но это только начало революции в педагогике. Наступает эра широкого применения обучающих электронных машин, работающих по составленным опытными педагогами обучающим программам. Такие машины способны обеспечить групповое и индивидуальное, очное и заочное обучение. Вряд ли можно сомневаться в том, что обучающие электронные машины, адаптирующиеся к реальным возможностям и потребностям учащихся, на протяжении ближайших десятилетий изменят всю обстановку в обучении кадров.

Быть может, стоит лишний раз отметить, что «кибернетические педагоги» вовсе не «угрожают» педагогу-человеку: речь не идет о замене или вытеснении человека-педагога машиной. Внедрение методов и средств кибернетики в педагогику не устраняет преподавателя, воспитателя и методиста. Наоборот, оно во много раз повышает их роль, радикально расширяя их возможности. Задача состоит не в «вытеснении» преподавателя, а в облегчении его труда, в обеспечении процесса обучения современными научно-техническими средствами.

¹ В июне 1968 г. в Киеве проходил научно-технический семинар по применению электронно-вычислительной техники в управлении учебным процессом и обучении. Предполагается, что книга с текстами докладов, сделанных на этом семинаре, будет выпущена издательством «Советское радио» в 1969 г.

В свое время В. И. Ленин писал: «Все дело в том, чтобы не довольствоваться тем уменьем, которое выработал в нас прежний наш опыт, а идти *непрерывно дальше*, добиваться *непрерывно большего*, переходить непрерывно от более легких задач к более трудным. Без этого никакой прогресс вообще невозможен, невозможен и прогресс в социалистическом строительстве»¹. В наши дни важные линии такого прогресса связаны с кибернетикой. Наука об оптимальном управлении сложными системами и процессами помогает решать фундаментальные задачи в труде и обучении.

Интересно привести американские оценки кибернетического аспекта нашего прогресса. Корреспондент по науке газеты «Вашингтон пост» Говард Симонс в статье, опубликованной в американском журнале «Воздушные силы»², писал, что американские специалисты считают «советскую кибернетику величайшей потенциальной угрозой» для Запада. Недавно в американском журнале «Вычислительные машины и автоматика» два научных сотрудника Института памяти Бателле из города Колумбус, штат Охайо, опубликовали статью под названием «Кибернетика в СССР». В ней говорится: «Советы считают, что кибернетика может применяться в современных науках и технологических проблемах и подкрепляет некоторые утверждения диалектического материализма — философию о развитии общества и подобные сложные проблемы»; «В Советском Союзе придается серьезное значение кибернетике как науке об управлении и связи в человеке, в машинах и в обществе с упором на вычислительные машины»³.

Упор на *электронные вычислительные машины* — это действительно верно. Пути решения проблем развития нашего общества неразрывно связаны с широким применением вычислительной техники. Об этом мы уже говорили. Ведь это техническая основа кибернетики. Ныне машинные методы сбора, систематизации, хранения, переработки и использования научной, технической, производственной, экономической информации приобретают гигантское значение. В настоящее время глобальная — производственная, экономическая, военная и другая — мощь стран и государств зависит не только, скажем, от их производственных возможностей, но и от возможностей в информационной сфере, от их способности осуществлять управление в оптимальном режиме. Во всех экономически развитых странах быстро растет количество и повышается качество электронных цифровых машин и вычислительных центров. По не-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 37, стр. 196.

² См. перевод статьи в информационном бюллетене ВИНТИ «Иностранная печать о советской науке и технике», 1965, № 1, стр. 5—11.

³ R. W. Brainard and W. D. Hitt. Cybernetics in the U. S. S. R.— «Computers and Automation», 1967, vol. 16, N 4, April, p. 10—11.

которым оценкам, на конец 1968 г. во всем мире имелось 90 тыс. машин и строилось еще 30 тыс. Значит, в конце 1969 г. их число достигнет 120 тыс.!

Все это *коренным образом* меняет обстановку в области обработки и использования информации. В наши дни электронные машины вторгаются во все области информационной деятельности человека несравненно быстрее, чем несколько сот лет назад книгопечатание. Теперь уже имеются машины, выполняющие миллионы численных и логических операций в секунду — против нескольких мыслительных операций в секунду, которые может осознанно выполнить человек.

Возможности машин непрерывно растут. То, на что машина 50-х годов тратила целый час, современная машина делает менее чем за полсекунды. Возникли такие качественные возможности машин, которыми они не обладали раньше. Создаются многомашинные вычислительные системы — системы вычислительных машин, соединенных в единое целое каналами связи. Такие системы предъявляют новые требования к создателям электронных машин, систем ввода и вывода, сбора, хранения и передачи информации. Вычислительная математика и техника требуют дальнейшего развития теории — разработки новых принципов функционирования машин, в том числе и базирующихся на идеях самоорганизации и адаптации.

Широкое практическое использование кибернетики во многом зависит от прогресса электронных цифровых машин и их *математического обеспечения*. А этот прогресс тесно связан с развитием радиоэлектроники. Кибернетика крайне заинтересована в том, чтобы добиться осуществления информационных процессов с наименьшими затратами вещества и энергии. Это достигается за счет уменьшения габаритов и весов аппаратуры, за счет миниатюризации и микроминиатюризации. С годами техника добьется такой плотности упаковки информации в памяти приборов и машин, которая будет сравнима с плотностью упаковки информации в человеческом мозгу. Большое значение имеет уменьшение энергии, потребляемой аппаратурой; техника создает сверхчувствительные и почти безынерционные устройства, заменяющие громоздкие приборы прежних лет, потреблявшие много энергии.

От приборов и машин требуется также *надежность и долговечность*. В этой связи стоит отметить разработанную в нашей стране (г. Саратов) под руководством Б. А. Дубовикова «систему организации бездефектного изготовления продукции». В настоящее время это широко признанная система, внедряемая у нас и за рубежом на тысячах предприятий. Это одно из важнейших достижений отечественной науки и техники, прямое выполнение указаний В. И. Ленина о научной организации труда.

Проблема надежности является комплексной. Она охватывает широкий круг вопросов, относящихся к таким наукам и направлениям техники, как физика и химия, машиностроение и приборостроение, математика и экономика. Она включает в себя также «человеческие факторы». Кибернетика выдвинула задачу изучения надежности работы человека — важнейшего звена в современных системах управления. Этот аспект проблемы надежности имеет важный социологический план, подлежащий изучению социологами.

В применении к информации проблема надежности есть прежде всего проблема ее *достоверности*. Для эффективного управления человеческим трудом, для рационализации обучения необходима полноценная информация. Это значит: информация своевременная, точная, непротиворечивая (требование, особенно существенное при поступлении информации по разным каналам связи), свободная от помех и искажений. Если не располагать надежной информацией, то управлять и принимать решения приходится, базируясь на неполной или неполноценной информации. Дефектность же информации может привести к невозможности функционирования всей системы управления. Поэтому кибернетика кровно заинтересована в повышении качества информации, в ее полноценности, — это не менее важно, чем качество промышленной продукции, строительства, работы транспорта и т. д.

В «Философских тетрадах» В. И. Ленин писал, что истина есть процесс, «человек идет к объективной истине *через „практику“* (и технику)»¹. Ныне этот путь к истине «через технику» во многом происходит через кибернетику. Это — *автоматизация умственного труда*. Множество мыслительных действий и операций, на протяжении столетий считавшихся монополией человека, постепенно передоверяется электронным машинам. Очевидно, что электронные машины будущего, быстрдействие которых будет стремиться к миллиардам операций в секунду; машины, обладающие внешней памятью, во много раз превышающей память человека; машины самообучающиеся, самоорганизующиеся; машины, работающие безотказно на протяжении длительного времени, — такие машины окажут человечеству неоценимые услуги на его пути к объективной истине. А что уж говорить о машинах нового типа, подходы к созданию которых настойчиво изыскиваются современными исследователями, — о машинах будущего, которые будут обладать «самостоятельностью» вплоть до способности по общим критериям, заданным в той или иной форме человеком, приспособляться к внешней среде, «совершенствовать» самих себя!?

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 183.

Рисуя перспективу возможного развития электронных кибернетических машин, мы считаем уместным высказать взгляд, что машины *не мыслят* — и вряд ли будут мыслить — *как человек*, как разумное существо, живущее в обществе, имеющее интеллектуальные потребности и пользующееся естественным языком для обмена мыслями с другими разумными существами. Но несомненно, что человек, работающий в «содружестве» с электронной машиной, мыслит лучше и иначе, чем человек, вынужденный ограничиваться лишь примитивными орудиями механизации своего умственного труда.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
-----------------------	---

Раздел I

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЛОСОФИИ, МЕТОДОЛОГИИ И ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

П. Н. ФЕДОСЕЕВ. Идеи Ленина и методология современной науки . . .	9
Прогресс естествознания и развитие диалектического материализма	10
Роль методологии в развитии современного естествознания	17
Диалектический материализм и единство наук	20
ДЖОН Д. БЕРНАЛ. Ленин и наука	28
ТОДОР ПАВЛОВ. К вопросу о диалектическом единстве философии и естествознания	36
Философия, естествознание и математика	39
Философия, теория информации, другие направления современной научной мысли	45
П. В. КОПНИН, П. С. ДЫШЛЕВЫЙ. Идеи В. И. Ленина о всесторонней гибкости понятий и современное физическое познание	49
Каким философским путем идет современная физика?	—
Диалектика понятий и развитие познания в физике	54
Диалектика субъекта и объекта — исходный момент в понимании объективности понятий и теорий физики	65
Современная физика — источник новых логико-гносеологических идей	70
Б. М. КЕДРОВ. В. И. Ленин об истории естествознания	79
История естествознания как источник творческой разработки марксистской диалектики	80
История естествознания и современность	83
Идея о веках в развитии естествознания	86
Метод диалектической обработки истории естествознания	89
Переход познания от явлений к сущности и реальная история естественных наук	92
Логическая последовательность мысли и действительный ход естествознания	97
Необходимость изучения науки прошлого и бережного отношения к ней	99
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ. Проблема синтеза современного научного знания в свете марксистско-ленинской философии	102
Знание индивида и знание коллектива	105
Философия и система наук о природе	110
Тенденция естественных наук к методологическому единству	114
Концептуальное единство научного знания	119

Раздел II
ФИЛОСОФСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

М. Э. ОМЕЛЬЯНОВСКИЙ. Ленин и диалектика в современной физике	127
О диалектике в естествознании	—
Проблема объективной реальности	132
Идея диалектического противоречия в квантовой теории	139
СЕСИЛ Ф. ПАУЭЛЛ. Перспективы и проблемы современной науки	149
Успехи физики элементарных частиц	—
Изменения в стиле работы	151
Перспективы современной науки	—
Трудности, связанные с изменением научных методов	155
Опасности, стоящие на пути научного прогресса	157
Роль международных научных центров	159
СЁИТИ САКАТА. Некоторые философские вопросы теории элементарных частиц	161
Три точки зрения на элементарные частицы	—
Точки зрения на элементарные частицы и копенгагенская интерпретация квантовой механики	164
Диалектический взгляд на элементарные частицы и составная модель	168
В. С. БАРАШЕНКОВ, Д. И. БЛОХИНЦЕВ. Ленинская идея неисчерпаемости материи в современной физике	170
Понятие пространственно-протяженной частицы	172
Современная картина строения элементарных частиц	177
Структура элементарных частиц и понятие элементарности	179
Макроявления в микромире	183
Заключение	185
В. А. ФОК. Квантовая физика и философские проблемы	186
Гносеологическое значение различия в способах описания физических объектов	187
Основные черты классического способа описания явлений	189
Ограниченность классического способа описания явлений и область его применимости	191
Относительность к средствам наблюдения как основа квантового способа описания явлений	193
Понятия вероятности и потенциальной возможности в квантовой физике	195
Математический аппарат квантовой механики и степени свободы физических систем	197
Заключение	200
А. Д. АЛЕКСАНДРОВ. Пространство и время в современной физике в свете философских идей Ленина	202
Пространство в математике	203
Основания теории относительности	206
Абсолютное пространство-время и релятивизм	210
Общая теория относительности	213
Еще об общей теории относительности	219
Что такое пространство-время?	225

В. А. АМБАРЦУМЯН, В. В. КАЗЮТИНСКИЙ. Диалектика в современной астрономии	230
О «диковинности» открытый астрономии XX в.	231
Принцип единства мира и принцип развития в современной астрономии	237
Революция в современной астрономии	254

Раздел III

ФИЛОСОФСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ. Проблема жизни в современном естествознании	259
<i>Общие подходы к определению сущности жизни</i>	—
<i>Познание атрибутов жизни</i>	266
Молекулярная биология—новая ступень исследования живого	267
Поток материи	270
Поток энергии	275
Поток информации	277
Молекулярные механизмы регуляции биологических процессов	280
Молекулярные структуры и биологическая организация	282
<i>Заключение</i>	285
Н. П. ДУБИНИН. Современная генетика в свете марксистско-ленинской философии	287
Лидеры естествознания текущего века	—
О материальных основах наследственности. Понятие гена. Жизнь как особая форма существования открытых материальных систем	289
Проблема целесообразности, факторы исторического развития организмов, контроль над эволюцией видов	295
Проблема мутаций. О сущности и явлении при возникновении наследственной изменчивости организмов	299
Управление наследственностью. О единстве теории и практики в генетике	306

Раздел IV

ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ НАУК О ЗЕМЛЕ

Е. К. ФЕДОРОВ. Тенденции развития и социальное значение наук о Земле	315
Современная стадия взаимодействия общества и природы	317
Состояние и тенденции развития наук о Земле	322
Некоторые социальные проблемы	328

Раздел V

ФИЛОСОФСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КИБЕРНЕТИКИ

А. И. БЕРГ, Б. В. БИРЮКОВ. Кибернетика и прогресс науки и техники	341
Проблема управления	342
Новое в научной картине мира	349
Новая наука—новые методы	356
«Кибернетизация» знания	359
Повышение эффективности труда и обучения	364

Л45 Ленин и современное естествознание. Отв. ред.
М. Э. Омеляновский. М., «Мысль», 1969.
374 с.

В книге, представляющей собой коллективный труд Института философии АН СССР, раскрывается огромное творческое значение философских, методологических идей В. И. Ленина для развития наук о природе, для борьбы материализма против идеализма в современном естествознании.

В создании труда принимали участие видные советские и зарубежные ученые — философы и естествоиспытатели: академик П. Н. Федосеев, академик Б. М. Кедров, член-корреспондент АН СССР М. Э. Омеляновский, академик АН УССР П. В. Копнин, академик Болгарской АН Т. Павлов, профессор Лондонского университета Дж. Бернал, профессор Бристольского университета С. Пауэлл, профессор Нагойского университета С. Саката, академики В. А. Фок, А. Д. Александров, В. А. Амбарцумян, В. А. Энгельгардт, Н. П. Дубинин, Е. К. Федоров, А. И. Берг и другие ученые.

ЛЕНИН И СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Редактор *В. Е. Викторова*

Младший редактор *В. А. Нартикова*

Оформление художника *Ю. А. Боярского*

Художественный редактор *Г. М. Чеховский*

Технический редактор *В. Н. Корнилова*

Корректор *Л. М. Чигина*

Сдано в набор 25 февраля 1969 г. Подписано к печати 21 мая 1969 г. Формат бумаги 60×90¹/₁₆, № 1. Усл. печатных листов 23,5. Учетно-издательских листов 22,93. Тираж 16 000 экз. А — 00844. Заказ № 3583. Цена 2 р. 30 к.

Издательство «Мысль».

Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Ордена Трудового Красного Знамени
Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова
Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР.
Москва, М-54, Валуевская, 28.

2 пр. 32 пр.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

ЛЕКЦИИ И СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ



2 р. 30 к.

ЛЕНИН И СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

