

Макс Борн

Моя жизнь и взгляды



«Моя жизнь и взгляды»: Прогресс; М.; 1973

Аннотация

Макс Борн (1883-1970) считается одним из классиков современного естествознания. Именно Борну принадлежит заслуга статистической интерпретации квантовой механики, за что ему была присуждена Нобелевская премия (1954). В числе учеников Борна виднейшие учёные XX века: Вейскопф, Гейзенберг, Дирак, Йордан, Оппенгеймер, Паули, Теллер и др. Покинув в 1933 году нацистскую Германию, Борн принимает приглашение Резерфорда и занимает (до 1954 года) кафедру при Эдинбургском университете. В 1945 году Макс Борн посетил Советский Союз в связи с празднованием 220-летия Академии наук СССР, иностранным членом которой он состоял с 1934 года. В 1957 году Макс Борн принял участие в составлении так называемого Гёттингенского манифеста, направленного против гонки ядерных вооружений. Макс Борн широко известен как страстный борец за мир и активный популяризатор науки.

От издательства

«Моя жизнь и взгляды» — последняя книга одного из классиков современного естествознания. Она представляет собой, говоря кратко, глубокий по мысли, блистательный и доступный по форме философско-этический, историко-публицистический трактат о роли науки в жизни человечества, и прежде всего в жизни нашего поколения. Книга подводит итог многолетним раздумьям Борна над последствиями научно-технической революции, оказавшими, по его мнению, отрицательное воздействие на моральные традиции современной культуры, и поэтому главное внимание автора сосредоточено на социально-этических «проклятых» проблемах атомного века.

Главная тема книги — угроза ядерной войны и пути её предотвращения.

Общественная позиция Борна — позиция страстного поборника мира, убеждённого врага любой формы реакции и бесчеловечности. Ещё в 1957 году Макс Борн явился одним из авторов «Гёттингенского манифеста», направленного против гонки ядерных вооружений, против передачи ядерного оружия западногерманским реваншистам.

Своей многолетней научной, преподавательской и литературной деятельностью Макс Борн завоевал громадный научный престиж и моральный авторитет (он не принимал участия в разработке атомной и водородной бомб), которые продолжают оказывать воздействие на широкие слои прогрессивной интеллигенции Запада.

В русском переводе были опубликованы книги Борна «Физика в жизни моего поколения» (1963), «Атомная физика» (1965), «Эйнштейновская теория относительности» (1972, второе издание, исправленное) и др. и многие из его статей.

Разумеется, не со всеми положениями автора, выдвигаемыми в настоящей книге, может согласиться советский читатель. Советские люди, активно участвующие в строительстве коммунистического общества, не разделяют пессимизма Макса Борна в оценке современного общественного развития. Но им понятна озабоченность автора и его активная публицистическая деятельность против врагов мира и социального прогресса.

Введение

Макс Борн снискал особое уважение в научных кругах как физик физиков, в особенности среди тех учёных моего поколения, которые учились физике в 30—40-х годах. Его репутация среди нас была естественным следствием, в частности, того факта, что он был автором основного вводного курса по атомной физике, рассчитанного на студентов университетов. Семь изданий этого учебного пособия вводили начинающих физиков и химиков в этот для того времени неясный предмет. Борн был также автором новейших работ по кристаллам и выдающихся работ по оптике, рассчитанных на специалистов.

Среди учёных Борн занял ведущее положение благодаря разработке оригинальной интерпретации квантовой механики, которую он помог создать. Это была истинно физическая интерпретация, в основу которой вместо более распространённого абстрактно-формального подхода была положена концепция вероятности. Занимаемая им позиция логично привела его к удивительному обобщению, состоявшему в том, что события на атомном уровне не могут быть объяснены исходя из простого детерминизма.

В очерках и лекциях, составляющих настоящую книгу (написанных в период 1955—1965 гг.), этот вероятностный подход искусно применяется к историческим событиям. Более того, в автобиографических очерках, которыми начинается книга, Борн объясняет, как он пришёл к заключению, что «претензия классической механики на детерминистическое истолкование событий неоправданна, поскольку претензия эта основана на предположении, что абсолютно точные данные имеют физический смысл, а это я считал абсурдным».

Поскольку я упомянул книги Борна по оптике и атомной физике, мне следовало бы сразу добавить, что эти предметы никогда не были областью, в которой он специализировался. Он сам говорит в первом же очерке, что их успех «показывает, что для написания полноценной научной книги нет нужды специализироваться в данной области, необходимо лишь схватить суть предмета и потрудиться в поте лица». Немногие из его коллег и читателей согласятся с этим, поскольку Борн не упоминает других составляющих своего успеха: талант изложения, призвание преподавателя и глубина физического мышления, озарённого философским пониманием предмета. Именно эти последние качества более всего делают публикуемые здесь очерки столь выдающимися, точно так же как чувство долга автора перед обществом делает их столь современными и значительными.

Но, оставаясь физиком физиков, Макс Борн завоевал также широкую известность в области популяризации пауки XX века благодаря одной из значительнейших работ, удачно названной «Беспокойная Вселенная» («The Restless Universe»); книга эта показала тысячам читателей чуда и смысл внешнего мира в свете современных физических наук.

Десятилетие за десятилетием, изданная в 1936 году и переизданная в 1951 году, эта удивительная книга продолжала восхищать и сообщать знания широкому читателю; она восхищала остроумием, прекрасным стилем, занимательностью и глубиной мысли. Другая замечательная книга «Эйнштейновская теория относительности»[1], адресованная более подготовленному в научном отношении читателю, остаётся и сегодня одним из лучших введений в теорию относительности, хотя и была написана около 40 лет назад.

Читателя этих очерков сам Макс Борн познакомит со своей научной работой и достижениями. Но я позволю себе подчеркнуть один существенный аспект его мысли,

который, вероятно из-за своей скромности, он оттенил, на мой взгляд, недостаточно. Я имею в виду его глубокий философский подход, чётко проявившийся в очерке «Символ и реальность», вошедшем в эту книгу. Он был автором многих статей по философским вопросам. Его часто переиздаваемая лекция «Эксперимент и наблюдение в физике» была вызовом общепринятым взглядам на природу научного мышления. Главная философская работа Борна, «Натуральная философия причины и случая», представляющая собой в какой-то мере развитие его собственной научной работы, была создана на основе вейнфлитовских лекций, прочитанных им в колледже св. Магдалины в 1948 году (Оксфорд). Эта книга показала, что Борн первым среди ведущих учёных-философов убедился в бесплодности попыток позитивизма стать основой нашего понимания науки и внешнего мира.

В своих воспоминаниях, с которых начинается настоящая книга, Макс Борн провозглашает и иллюстрирует мысль о том, что «именно теоретическая физика есть подлинная философия». Но имеется одно существенное различие между Борном и многими другими физиками-теоретиками, обратившимися к философии: ещё будучи студентом, Борн тщательно изучал труды великих философов, что позволило ему избежать ловушек, столь часто ожидающих учёного, как только он оставляет область своей специализации. Более того, Борн признаётся, «что философский подтекст науки всегда интересовал меня больше, чем её специальные результаты». И действительно, он говорит нам, что его «никогда не привлекала возможность стать узким специалистом, и я всегда оставался дилетантом даже в тех вопросах, которые считались моей областью».

Читатели узнают, почему Макс Борн «никогда не изучал ядерную физику как следует и не мог принять участия в её разработке». Он говорит, что «не принял участия в работах, связанных с делением ядра и его приложением к атомной бомбе». Он считает, что эта особая ситуация позволяет ему «рассматривать этические и политические вопросы, относящиеся к этой проблеме, с позиции незаинтересованного объективного наблюдателя». В данной книге в большинстве очерков затронуты эти вопросы.

Деятельность Макса Борна, которой я здесь касаюсь, может быть описана под такими рубриками: наука обучения, наука изложения, воспитание учёных, исследование смысла или значения науки. Но, конечно, основным видом деятельности, на которой зиждутся его слава и авторитет, была творческая наука. Он один из создателей квантовой механики, этого, вероятно, важнейшего достижения человеческого разума в XX веке, сравнимого только с такими великими достижениями научного мышления, как философия Ньютона и базирующаяся на ней система динамики или великий переворот, совершённый учением Дарвина, оказавшим глубокое воздействие на биологическую науку в целом и на наши взгляды относительно места человека в природе. За свой вклад в создание новой квантовой механики Макс Борн был удостоен (1954 г.) Нобелевской премии по физике.

Я не буду больше описывать, как велик его вклад в физику, так как он сам в превосходной манере сделал это в очерке «Что я сделал как физик», объяснив даже, почему понадобилось 28 лет, чтобы его работы были полностью признаны.

В течение последних двух десятилетий, и в особенности после своего выхода в отставку по возрасту в качестве профессора натуральной философии (физики) в Эдинбурге, Макс Борн всё больше и больше отдавал свою энергию на решение сложных проблем, которые поставили перед нашим обществом применения науки, и в особенности реальное и потенциальное применение ядерной энергии в мирных и военных целях.

Борн, по существу, озабочен двумя главными вопросами, которые ставятся в разных формах. Во-первых, могут ли человеческие дела решаться без применения силы? Во-вторых, может ли быть преодолён нынешний упадок этики и морали? Иными словами, говоря попросту, есть ли для человека в будущем какая-либо надежда?

В первом очерке на эту тему «Эволюция и сущность атомного века» Борн сообщает читателю основные научные факты и теоретические сведения, позволяющие понять причины разрушительной силы ядерной энергии. От простой защиты лозунга «запретить атомное оружие» Борн подводит читателя к положению, что «человечество может быть

спасено лишь в том случае, если оно раз и навсегда откажется от применения силы». Во втором очерке «Человек и атом» Борн исследует связанный с этой проблемой вопрос, является ли развитие науки и основанной на ней техники исторической закономерностью, «неизбежной необходимостью, подобно естественному закону природы». Если это так, тогда не много смысла было бы «в наших усилиях направлять технический прогресс и ставить ему разумные цели». Так Борн вполне естественно приходит к постановке следующих вопросов: «во-первых, вопрос о существовании закономерностей или законов истории, поскольку научные исследования и технология суть явления исторические; во-вторых, это древняя проблема соотношения необходимости и свободы». Борн отвечает на эти вопросы, «с точки зрения философски мыслящего физика», новым и совершенно неожиданным способом, и его ответы имеют величайшее значение для всех, кто в какой-то мере озабочен проблемами истории или социальными исследованиями. У читателя не остаётся сомнений в искренности Борна, когда он в другом своём очерке, «Европа и наука», говорит, что «этические проблемы, возникшие в связи с громадным ростом могущества, доступного человеку, пожалуй, ближе моему сердцу, чем научные и политические проблемы». Поэтому среди целей, ради которых были написаны эти очерки, одной из главных была задача предупредить всех людей — не только политических лидеров, — что «огромную опасность для будущего представляют собой люди, отказывающиеся признать, что новый век, на пороге которого мы теперь стоим, в корне отличается от всех прошедших эпох».

Позиция Макса Борна колеблется между мрачным пессимизмом отчаяния и надеждой, свойственными тем, кто воспринимает реальность такой, какова она есть, и видит возможные перспективы — каковы бы они ни были, — которые готовит нам будущее. В этих очерках встревоженный читатель не найдёт лёгкого пути предотвращения угрозы, нависшей над нами с времён Хиросимы и Нагасаки. Но Борн отличается от многих коллег-учёных глубиной философского понимания сути вещей. Так, например, в очерке «Символ и реальность» он предупреждает нас быть осторожными в том смысле, чтобы «научное абстрактное мышление не распространилось на другие области, в которых оно не приложимо», и помнить, что «человеческие ценности не могут целиком основываться на научном мышлении». Дело в том, что, «сколь ни привлекательно для учёного было бы абстрактное мышление, какое бы оно ему ни приносило удовлетворение, какие бы ценные результаты оно ни давало для материальных аспектов нашей цивилизации, чрезвычайно опасно применять эти методы там, где они теряют силу, — в религии, этике, искусстве, литературе и других гуманитарных сферах человеческой деятельности».

В чём же тогда состоит особая роль учёного? Частичный ответ на этот вопрос дан в очерке «Благо и зло космических путешествий». Борн заключает, что так называемые космические путешествия (на самом деле не путешествия в бесконечное пространство Вселенной, как таковые, а лишь в лучшем случае «проникновение в планетарную систему») представляют собой «триумф интеллекта, но одновременно и трагическую ошибку здравого смысла». Этот блестящий афоризм разъясняется следующим положением: «Интеллект отличает возможное от невозможного; здравый смысл отличает целесообразное от бессмысленного. Даже возможное может быть бессмысленным». Нам не обязательно соглашаться с Борном о том, что для науки нет пользы в современных исследованиях космоса или по крайней мере пользы, соизмеримой с колоссальными затратами на эти исследования. Но никто не станет отрицать, что он прав, заявляя, что космическая гонка ныне стала «символом соперничества между великими державами, оружием в холодной войне, эмблемой национального тщеславия, демонстрацией силы». Поскольку космические исследования имеют целью получение военных преимуществ, Борн считает, что космические исследования «используются непосредственно в целях подготовки к войне и являются опасной игрой».

Этот пример показывает, как люди науки могут использовать свои знания, свой громадный авторитет и политическое влияние для того, чтобы информировать своих коллег

и постоянно тревожить совесть мира, поднимая фундаментальные этические или моральные проблемы. В последнем очерке, «На что надеяться?», Борн прослеживает перемены, которые произошли со времён первой мировой войны в распространении военных действий на гражданское население. Это происходило в процессе непрерывного роста применения силы и распространения нравственного паралича в результате политики реального и потенциального уничтожения ни в чём не повинных мужчин, женщин и детей.

И Борн спрашивает: «На что надеяться?.. »

«Единственное, что может спасти нас, — это старая мечта человечества: всеобщий мир и всемирная организация. Это считалось недостижимым, утопическим. Считалось, что природа человеческая неизменна и поэтому войны всегда были и всегда будут.

Сегодня это больше неприемлемо. Всеобщий мир в мире, который стал меньше, больше не утопия, а необходимость, условие выживания человеческого рода...

Наша надежда зиждется на союзе двух духовных сил: это нравственное сознание неприемлемости войны, выродившейся в массовое убийство беззащитных, и рациональное знание несовместимости ведения войны с помощью современных технических средств уничтожения с возможностью выживания человеческого рода».

Макс Борн заканчивает восклицанием: «Но мы должны надеяться!» Он сравнивает два вида надежды: в одном случае она не оказывает влияния на то, на что люди надеются (как, например, надежда на хорошую погоду), в другом случае сама надежда является «движущей силой» (в условиях сосуществования людей, и особенно в политике). Ибо он убеждён, что, «только если у нас есть надежда, мы действуем так, чтобы приблизить её исполнение». И конечно, «мы не должны знать усталости в борьбе с аморальностью и безрассудством, которые сегодня все ещё правят миром».

Когда мы читаем эти очерки, мы тоже исполняем надежды оттого, что столь мудрый и глубоко мыслящий человек напомнил нам о коренных вопросах нравственности и поднял в защиту гуманности свой могучий голос, подкреплённый силой своего авторитета и научного престижа.

Бернард Коэн, профессор истории науки Гарвардского университета

Часть 1

Глава 1. Как я стал физиком

Я родился в 1882 году в Бреслау[2], столице прусской провинции Силезии. Отец преподавал в университете анатомию, но больше всего его интересовали исследования в области эмбриологии и механизмы эволюции. Я рос в культурной семье, в атмосфере глубоких научных интересов. Ещё совсем юные, мы с сестрой зачастили в отцовскую лабораторию, заставленную приборами, микроскопами, микротомами и другими интересными вещами. Позднее мне разрешили присутствовать на дискуссиях отца с его учёными друзьями; некоторые из них приобрели известность, например Пауль Эрлих, открывший сальварсан и заложивший основы химиотерапии, Альберт Нейссер, дерматолог, открывший гонококк и другие микроорганизмы.

Мать умерла, когда я был ребёнком, а отец умер незадолго до того, как я окончил школу; последние два года он тяжело болел, но не переставал работать. Его последние исследования были связаны с corpus luteum[3], и мой сын-биолог (названный по деду Густавом) говорил мне, что эта работа предвосхитила важные современные исследования в области половых гормонов.

Школа, в которой я учился, была типичной немецкой гимназией, где главными предметами были латынь, греческий и математика. Ни один из них меня особенно не интересовал, но мне нравилось читать Гомера, и я всё ещё помню наизусть немало строк из

«Одиссеи».

В старших классах математик Машке был не только блестящим преподавателем и искусным экспериментатором, но и очень милым человеком. Он преподавал также физику и химию — всего два часа в неделю, — и я заразился его энтузиазмом. В ту пору стали известны опыты Маркони по радиосвязи, и Машке повторил их в своей лаборатории, а его ассистентами были я и ещё один мальчик. Когда нам удалось передать сигнал из одной комнаты в другую, он попросил меня пригласить директора, доктора Эккарда, чтобы показать ему это чудо, и я до сих пор помню наше разочарование, когда мы увидели, что этот учёный-гуманитарий остался совершенно безучастным — на него это не произвело ни малейшего впечатления.

Перед своей кончиной отец советовал мне не сразу выбирать специальность, а посещать сначала лекции в университете по различным дисциплинам и затем через год принять окончательное решение. Таким образом, я изучал не только математику и другие точные науки, но и философию, историю искусства и иные предметы. Вначале меня более всего привлекала астрономия. Более подробно я рассказал о своих астрономических увлечениях в журнале «*Vistas in Astronomy*» (т. I, Лондон, 1955, стр. 41). Статья затем вошла в мою книгу «Физика в жизни моего поколения»[4]. Но обсерватория была плохо оборудована, мы ничего не слышали об астрофизике, звёздах и туманностях, а имели дело только с эфемеридами планет и бесконечными вычислениями. Скоро мне это надоело. Тогда я сосредоточился на математике и получил в этой области вполне солидную подготовку. Я благодарен профессору Розансу за его введение в линейную алгебру, научившему меня пользоваться матричным исчислением, которое оказалось весьма ценным инструментом в моих собственных исследованиях.

В то время немецкие студенты вели подвижный образ жизни, проводя лето в каком-нибудь небольшом университетском городке, чтобы быть поближе к природе и заниматься спортом, а зиму — в большом городе, где можно посещать театры, концерты и вечеринки. Так я провёл одно лето в Гейдельберге, прелестном, весёлом городе, через который протекает Неккар, и одно лето в Цюрихе, вблизи Альп. Гейдельберг не дал мне многого в научном плане, но там я встретился с Джеймсом Франком, который стал моим самым близким другом, а позже коллегой по кафедре физики в Гёттингене. В Цюрихе я впервые познакомился с первоклассным математиком Гурвицем, чьи лекции по эллиптическим функциям открыли мне суть современного математического анализа.

Зимние семестры я регулярно проводил в Бреслау — в те времена весёлом городе, жившем бурной общественной и художественной жизнью. Из множества знакомств той поры я хотел бы упомянуть свои дружеские отношения с Рудольфом Ладенбургом. В течение многих лет мы не разлучались и чудесно проводили вместе каникулы в Италии и Швейцарии. Он эмигрировал в Соединённые Штаты до прихода нацистов к власти и получил кафедру физики в Принстонском университете. Двое из моих товарищей стали моими друзьями — Отто Тёплиц и Эрнст Геллингер. О математике и математиках они знали гораздо больше меня. От них я узнал, что меккой немецких математиков был Гёттинген и что там жили три пророка: Феликс Клейн, Давид Гильберт и Герман Минковский. И я решил совершить паломничество. Мои друзья вскоре последовали за мной, и наша «группа из Бреслау» пополнилась четвёртым, Рихардом Курантом; он стал позднее видной фигурой в американской математике, возглавив известную школу Нью-Йоркского университета.

В Гёттингене я посещал в основном лекции Гильберта и Минковского. Они дружили со школьной скамьи ещё в Кёнигсберге, и оба были выдающимися людьми не только в своей области, но и во всех отношениях. Гильберт вскоре предложил мне довольно почётную должность приват-ассистента, неоплачиваемую, но чрезвычайно ценную тем, что она позволяла видеть и слушать его каждый день. Часто я получал приглашения присоединиться к обоим друзьям во время их продолжительных прогулок по лесу. Хотя я привык к свободным, оживлённым дискуссиям между друзьями моего отца — биологами, на меня произвело глубокое впечатление мировоззрение этих двух выдающихся математиков. Я

воспринял от них не только самые новейшие математические методы своего времени, но нечто гораздо более важное: критический подход к традиционным институтам общества и государства, который я сохранил на всю жизнь.

Вот два примера из бесчисленных историй о Гильберте, которые хорошо помнили его ученики и друзья. Как-то на одном вечере разговор зашёл об астрологии и кое-кто из присутствующих был склонен считать, что в ней что-то есть. Когда Гильберта попросили высказать своё мнение, он после некоторого раздумья ответил: «Если бы вам удалось свести вместе десять мудрейших в мире людей и спросить их, что они считают в этом мире самым глупым, то они не смогли бы отыскать ничего глупее астрологии». В другой раз, когда обсуждался суд над Галилеем и кто-то обвинил Галилея в том, что он не мог устоять перед своими судьями, Гильберт довольно горячо возразил: «Но он не был идиотом. Только идиот может верить, что научная истина требует мученичества; это, может быть, необходимо в религии, но научные результаты проверяются временем». Такого рода уроки оказали большое влияние на мой путь в жизни и науке.

В то время математика включала в себя также и математическую физику. Так, например, Гильберт и Минковский вели у нас семинар по электродинамике движущихся сред, которая сегодня относится к релятивистской физике. Это было примерно в 1905 году, когда появилась знаменитая статья Эйнштейна, хотя имя его в Гёттингене ещё не было известно.

Мои отношения с Клейном сложились не очень удачно. Мне не нравились его лекции, они казались чересчур совершенными. Он заметил, что я часто отсутствовал, и выразил своё неудовольствие. Для семинара по теории упругости, которым он руководил совместно с Карлом Рунге, профессором прикладной математики, я был вынужден из-за болезни товарища подготовить за очень короткий срок доклад об одной задаче теории упругости, и, поскольку у меня не было времени изучать литературу, я стал разрабатывать свои собственные идеи. Это произвело такое впечатление на Клейна, что он предложил выставить эту задачу на ежегодный университетский конкурс и посоветовал представить статью по этому вопросу. Сначала я довольно глупо отказался, но, поскольку «великий Феликс» был в математике всемогущим, мне пришлось, конечно, подчиниться: я решил задачу и получил премию. Тем не менее я был с Клейном в натянутых отношениях в течение долгого времени. Поэтому я не рискнул экзаменоваться у него по геометрии и избрал астрономию. Профессором астрономии был почтенный Карл Шварцшильд, отец знаменитого Мартина Шварцшильда из Принстонского университета. Он помог мне привести свои познания в астрономии в соответствие с последними достижениями, и я таким образом получил докторскую степень в 1907 году.

Не совсем благополучный инцидент с Клейном в конце концов обернулся благом. Поскольку конкурсная работа, претендующая на премию, должна была представляться анонимно, я не мог обращаться за советами к профессорам. Так я обнаружил, что способен самостоятельно вести научную работу, и впервые почувствовал себя счастливым оттого, что моя теория согласовалась с данными измерений — одно из самых радостных ощущений, которое я знаю.

Преподавание физики было также стимулирующим. Теоретическую физику читал Вольдемар Фойгт. Я посещал его лекции по оптике и прослушал его углублённый курс по экспериментальной оптике. Это были блестящие курсы, и они послужили солидной основой моих знаний в оптике. Много лет спустя (1922 г.), когда Альберт Майкельсон пригласил меня прочесть курс лекций по теории относительности в Чикагском университете, всё своё свободное время я обычно проводил за спектроскопическими исследованиями, пользуясь чудесным интерферометром Майкельсона.

И снова, спустя годы, вооружённый этими знаниями, я написал удачный учебник по оптике (Берлин, 1933 г., на немецком языке), а много лет спустя — другой учебник совместно с Е. Вольфом (Лондон, 1957 г., на английском языке). Это показывает, что для написания полноценной научной книги нет нужды специализироваться в данной области,

необходимо лишь схватить суть предмета и потрудиться в поте лица.

Меня никогда не привлекала возможность стать узким специалистом, и я всегда оставался дилетантом даже в тех вопросах, которые считались моей областью. Я не подошёл бы, вероятно, для современных методов научной работы, ведущейся коллективами узких специалистов. Философский подтекст науки всегда интересовал меня больше, чем её специальные результаты. Я слушал лекции по философии, например лекции Эдмунда Гуссерля в Гёттингене, но не примкнул ни к его, ни к какой-либо иной школе.

Из числа молодых учёных, с которыми мне приходилось встречаться, я хотел бы упомянуть лишь двоих. Константин Каратеодори, грек по происхождению, был блестящим математиком. Мы обсуждали с ним наряду с другими вещами тот странный факт, что весьма абстрактная научная дисциплина — термодинамика — была разработана на основе технических концепций, а именно на концепции «теплового двигателя». Можно ли было этого избежать? Несколько лет спустя Каратеодори нашёл новый точный прямой подход к проблеме: он опубликовал его в журнале «*Mathematische Annalen*» в весьма общей и абстрактной форме, но работа эта была едва замечена. Пятнадцать лет спустя я сделал попытку популяризировать его теорию в статье, опубликованной в «*Physikalische Zeitschrift*», применив более простой подход, но попытка не имела успеха. И только теперь, через пятьдесят лет, стали появляться учебники, в которых используется этот простой привлекательный подход.

Другим человеком, повлиявшим на мою научную работу, хотя и в негативной форме, был Иоганн Штарк, позднее получивший Нобелевскую премию за открытие доплеровского эффекта в каналových лучах и эффекта расщепления спектральных линий в электрическом поле. Потом он читал физику и вёл курс по радиоактивности. Я пытался посещать его лекции, но форма изложения не удовлетворяла мои математические вкусы, и я прекратил посещение лекций. В результате я никогда не изучал ядерную физику как следует и не мог принять участия в её разработке. Я опубликовал лишь одну (неплохую) работу об альфа распаде (1929 г.). Другим последствием этого было то обстоятельство, что я не принял участия в работах, связанных с делением ядра и его приложением к атомной бомбе. Это позволило мне рассматривать этические и политические вопросы, относящиеся к этой проблеме, с позиции незаинтересованного объективного наблюдателя.

После окончания учёбы я обязан был прослужить год в армии и был зачислен в кавалерийский полк в Берлине. Здесь неуместно обсуждать, как этот опыт военной службы повлиял на моё уже сложившееся к тому времени весьма отрицательное отношение ко всему, что имело касательство к военному делу. Я помню, как правил гранки своей призовой диссертационной работы во время ночных дежурств в конюшнях, приспособив под письменный стол гладкий круп моего коня. Когда однажды начался сильный приступ астмы, которой я страдал с детства, меня направили в военный госпиталь и спустя некоторое время уволили. Через год я был снова призван; на сей раз это был кавалерийский полк в Бреслау, но, к счастью, оказалось, что начальник медицинской службы — ученик моего отца, знавший о моём давнем недуге. В результате через несколько недель я был снова уволен из армии.

Для того чтобы более глубоко изучить фундаментальные проблемы физики, я отправился в Кембридж. Там я стал аспирантом при колледже Гонвилля и Каюса и посещал экспериментальные курсы и лекции. Я понял, что трактовка электромагнетизма Лармором едва ли содержала для меня что-либо новое по сравнению с тем, что я узнал от Минковского. Но демонстрации Дж. Дж. Томсона были блистательны и вдохновляющи. Однако самыми дорогими переживаниями той поры были, конечно, человеческие чувства, которые вызывали во мне доброта и гостеприимство англичан, жизнь среди студентов, красота колледжей и сельских пейзажей.

Через полгода я возвратился в свой родной Бреслау и попытался там повисить своё экспериментаторское мастерство. В то время там были два профессора физики, Люммер и Прингсгейм, получившие известность благодаря своим измерениям излучения чёрного тела. Но я многому от них не научился и вскоре снова обратился к теории. Тут я натолкнулся на

статью Эйнштейна 1905 года о специальной теории относительности и был сразу очарован ею. Сочетая его идеи с математическими методами Минковского, я нашёл новый прямой способ вычисления электромагнитной собственной энергии (массы) электрона и послал рукопись Минковскому.

К моему величайшему удивлению, он ответил мне приглашением возвратиться в Гёттинген и помогать ему в работе по теории относительности.

В Гёттинген я приехал в декабре 1908 года и счастливо работал с ним в течение нескольких недель. Но в январе 1909 года он умер в результате неудачной операции аппендицита. Все мои надежды рухнули, и я чувствовал себя подавленным. Но мой доклад на математическом обществе, сделанный на основе статьи о релятивистском электроне, оказался столь успешным, что профессор Фойгт предложил мне читать курс лекций в качестве приват-доцента. Итак, я снова стал обитателем Гёттингена. Из множества людей, которых я там встретил в последующие годы, назову лишь нескольких. Среди коллег по преподавательской деятельности были Отто Тёплиц, Рихард Курант (о которых я упоминал выше) и Герман Вейль, ставший позже одной из звёзд Принстонского института перспективных исследований. Я им очень обязан, но ещё больше Теодору фон Карману, выходцу из Венгрии. В течение нескольких лет до моей женитьбы (1913 г.) мы жили вместе в одном доме. Ежедневно мы обсуждали физические проблемы и в ходе наших бесед знакомились с эйнштейновой квантовой теорией удельной теплоёмкости твёрдых тел.

Я впервые встретил Эйнштейна на научном конгрессе в Зальцбурге (1909 г.), упомянутом в статье Л. Мейтнер под названием «Оглядываясь назад», помещённой в журнале «Bulletin of the Atomic Scientists» за ноябрь 1964 года, и переписывался с ним в основном по вопросам теории относительности. Он уже в 1905 году разделял квантовую гипотезу Планка, то есть в том же году, когда появилась его первая статья по теории относительности. В этой статье Эйнштейн ввёл представление о световом кванте, или фотоне, и дал совершенно новое объяснение фотоэффекта и других явлений. В своём новом приложении квантовой теории к тепловым свойствам твёрдых тел Эйнштейн использовал для описания колебаний в кристалле модель с единичным осциллятором. Это привело к некоторым расхождениям между теорией и экспериментом. Карман и я попытались избежать этого, учтя весь спектр колебаний решётки. Это было за год до экспериментов Лауэ (совместно с Фридрихом и Книппингом), которые продемонстрировали одновременно волновую природу рентгеновских лучей и решётчатую структуру кристаллов. Мы базировались на анализе Фёдорова и Шёнфлисса, использовавших теорию групп; анализ этот казался нам столь убедительным, что мы даже не сослались на него в нашей второй статье, опубликованной после открытия Лауэ. Это была, конечно, ошибка. Известно, что Дебай превзошёл наши результаты всего за несколько недель, используя приближённый метод, в котором представление о решётчатой структуре явно не применялось. В течение многих лет простой метод Дебая был значительно более популярен, чем наш.

Вскоре после окончания этой работы наши пути с Карманом разошлись. Он занялся гидродинамикой и аэродинамикой, в которых достиг больших результатов, а после эмиграции в 1933 году стал видным деятелем в США, пользовавшимся большим влиянием в военновоздушных силах.

Я продолжал заниматься физикой. Работы в области удельной теплоёмкости твёрдого тела открыли два пути для моих последующих исследований: динамика кристаллических решёток и квантовая теория.

Итак, теперь я стал физиком, на чём и оканчиваю этот очерк. Но я добавлю ещё несколько подробностей, касающихся того, что я сделал в этой области.

Глава 2. Что я сделал как физик

Я приступил к научным исследованиям в 1912 году с большой программой: вывести все свойства кристалла из предположения, что частицы решётки могут смещаться под

действием внутренних сил. На эту работу ушло несколько лет. Её основными результатами были объяснения отклонений от соотношений Коши для констант упругости; доказательство, что спектр колебаний состоит из полос двух различных типов — оптических и акустических; а также включение красивых результатов П. Эвальда об электромагнитных волнах в кристаллах в динамику решётки.

Объём полученных результатов был столь обширен, что только некоторые из них могли быть опубликованы в статьях; поэтому я решил изложить их систематически в отдельной книге. Вскоре после того как разразилась война 1914 года, мне было предложено место профессора в Берлине, с тем чтобы несколько облегчить Планку бремя преподавания. Мы переехали в Берлин весной 1915 года. Я начал читать курс лекций, но вскоре вынужден был прервать его из-за призыва в армию. После краткого пребывания в радиочастях ВВС я был переведён по просьбе моего друга Ладенбурга в артиллерийскую исследовательскую организацию, где меня прикомандировали к подразделению, занимавшемуся звуковой локацией — определением местоположения орудий по результатам измерений времени прихода звуков выстрела в различные пункты. Под одной крышей собралось много физиков, и мы вскоре, когда позволяло время, стали заниматься настоящей наукой. Ланде и я пытались определить внутреннюю энергию ионных кристаллов, что нам удалось сделать с помощью Маделунга, разработавшего метод расчёта энергии кулоновых сил в решётке (константа Маделунга). По этим данным я вычислил теплоту образования простых гетерополярных молекул, что было первым примером определения химического тепла реакции из чисто физических данных. В этой работе мне помогал химик Фриц Габер, и она, в общем, известна как теория Борна — Габера.

В мрачные годы войны (когда трудно было достать для семьи пропитание) великим утешением была моя дружба с Эйнштейном. Мы виделись очень часто, играли вместе скрипичные сонаты и обсуждали не только научные проблемы, но и политическую и военную обстановку, в чём, кстати, принимала участие моя жена. Мы были резко настроены против политики германского правительства и были убеждены, что она приведёт к катастрофе. В эти годы Эйнштейн завершал свою общую теорию относительности и обсуждал её со мной. Величие его концепции произвело на меня столь сильное впечатление, что я решил никогда не работать в этой области. Но я защищал теорию Эйнштейна от нападков и спустя некоторое время попытался популяризировать её в книге, которая была выпущена в переработанном варианте в США[5].

Мы вместе пережили военное поражение, революцию в Берлине и образование Веймарской республики. Поскольку она родилась в Веймаре, а не в Потсдаме, мы надеялись на мирное будущее.

В это время (1919 г.) Макс фон Лауэ, профессор Франкфуртского университета, написал Планку, что он всей душой стремится в Берлин, чтобы жить вблизи своего любимого учителя. Он предложил обменяться со мной местами, и, так как оба университета были согласны, я был переведён во Франкфурт. Там мне был предоставлен небольшой институт, оборудованный аппаратурой, и я пользовался также помощью механика. Моим первым помощником (ассистентом) стал Отто Штерн, который немедленно нашёл применение нашему экспериментальному оборудованию. Он разработал метод, позволявший использовать атомные пучки для исследования свойств атомов, и применил его впервые для экспериментальной проверки максвеллова закона распределения скоростей в газе, а затем при содействии Герлаха (ассистента кафедры экспериментальной физики, руководимой Вахсмутом) для исследования странного результата квантовой теории, названного «квантованием ориентации». Эксперимент Штерна — Герлаха справедливо считается одной из фундаментальных демонстраций того, что классическая механика неприменима на атомном уровне и что она должна быть заменена новой квантовой механикой.

Я стремился также приобрести навыки в экспериментальных исследованиях. С моим вторым ассистентом, мисс Е. Борман, я разработал метод определения длины свободного

пробега пучка атомов серебра в воздухе. Эта работа позже была продолжена моим учеником (Ф. Бильцем) в Гёттингене при помощи более точных методов, и недавно они были усовершенствованы в некоторых лабораториях с целью определения сил взаимодействия между атомами и молекулами (К. Бенневитцем и Дж. П. Тённисом в Бонне).

А. Ланде, позже ставший профессором университета штата Огайо, работал на моей кафедре в качестве гостя. Именно здесь он вывел путём хитроумных численных методов свою знаменитую формулу для тонкой структуры мультиплетов в линейчатых спектрах и открыл так называемый аномальный эффект Зеемана, который стал одним из эмпирически добытых краеугольных камней квантовой механики.

Я же продолжал исследовать энергетические свойства решёток и вытекающие из них химические следствия. Профессор физической химии Р. Лоренц обратил моё внимание на аномалии подвижности одновалентных ионов (большие ионы более подвижны, чем меньшие ионы). Я дал объяснение этому явлению в рамках более широкого исследования, которое следовало бы назвать электрогидродинамикой по аналогии с современной магнитогидродинамикой. Механический эффект молекулярных электрических диполей был затем экспериментально подтверждён в сотрудничестве с моим учеником П. Лертесом: было показано, что стеклянная колба, наполненная непроводящей жидкостью, может быть приведена во вращение посредством быстро вращающегося электрического поля.

После двух лет пребывания во Франкфурте мне предложили принять руководство физическим отделением в Гёттингене — как теоретическими, так и экспериментальными работами, — сменив на этом посту Петера Дебая. Несмотря на некоторый опыт в экспериментальной области, я не чувствовал себя способным руководить большой лабораторией, которая в мои студенческие годы состояла из двух независимых отделений. Мне удалось убедить министра образования снова разделить институт и пригласить в Гёттинген моего старого друга Джеймса Франка. В результате были созданы три института, возглавлявшиеся профессорами Робертом Полем (который уже в то время имел звание экстраординариуса), Джеймсом Франком (экспериментальная физика) и мною (теоретическая физика). Такая организация оказалась весьма удачной. У нас были объединённые коллоквиумы, на которых мы председательствовали поочередно. Моё предложение пригласить Франка в Гёттинген вскоре себя оправдало: он и Густав Герц были удостоены Нобелевской премии за работу по исследованию механизма возбуждения спектров атомов, подтвердившую боровскую квантовую теорию атома.

Так благоприятно в 1921 году начался мой третий гёттингенский период. В первые годы я продолжал разрабатывать со своими учениками динамику кристаллической решётки. Здесь совместно с чрезвычайно одарённым венгром Е. Броди (погибшем позже в нацистском концлагере) было начато новое направление исследований термодинамики кристаллов. Зоммерфельд, бывший в ту пору редактором физической части «Математической энциклопедии», предложил мне написать статью по атомной теории твёрдого тела. Статья эта потребовала много времени; она была издана отдельной книгой[6]. Мой учитель Фойгт обычно выводил свойства кристаллов из симметрии, используя для этого теорию групп. У меня была идея применить эту теорию к молекулам, что и было выполнено моим учеником К. Дж. Брестером; работа его была опубликована в виде докторской диссертации в Утрехте. Это исследование предвосхитило вигнеровский метод приложения теории групп к электронным структурам атомов.

Вскоре, однако, мои интересы сосредоточились на квантовой теории. В лице двух моих первых ассистентов Вольфганга Паули и Вернера Гейзенберга я имел самых энергичных, талантливейших сотрудников, каких только можно себе представить. Мы начали, конечно, с теории электронных орбит Бора — Зоммерфельда, сосредоточившись на тех её слабых местах, где она расходилась с опытом. Так мы приступили к созданию новой «квантовой механики». Вначале мы пытались заменить дифференциальные операции исчислением конечных разностей с использованием постоянной Планка; мой ученик П. Йордан и я получили некоторые обнадеживающие результаты, связанные с формулой

излучения и другими вопросами. Затем, в 1925 году, Гейзенберг порадовал нас новой идеей: начав с принципа, что ненаблюдаемые величины (подобно размерам и частотам электронных орбит) не должны фигурировать в теории, он ввёл новое символическое исчисление и получил несколько обещающих результатов для простых систем (линейных и нелинейных осцилляторов). После представления его статьи для публикации я задумался над формализмом Гейзенберга и обнаружил, что он идентичен матричному исчислению, хорошо известному математикам. В сотрудничестве с Йорданом были установлены основные черты «матричной механики», затем все трое разработали систематическую теорию, которая дала настолько удовлетворительные результаты, что сомневаться в её справедливости было уже почти невозможно.

Некоторое время спустя Дирак (в Кембридже), также вдохновлённый первой статьёй Гейзенберга, разработал совершенно независимо аналогичную математическую теорию, используя более общее исчисление некоммутативных величин[7].

Затем начали появляться работы Шрёдингера по волновой механике (1926 г.). Казалось, будто теперь имеются две совершенно независимые теории, но вскоре сам Шрёдингер сумел продемонстрировать их математическую эквивалентность. Он полагал, однако, что ему удалось вернуться к классическому мышлению; он рассматривал электрон не как частицу, а как распределение плотности, определяемой квадратом его волновой функции $|\psi|^2$. Он настаивал на том, что от представления о частицах и квантовых скачках следует отказаться начисто, и никогда этого убеждения не менял.

Я, однако, был свидетелем плодотворности концепции частиц, наблюдая ежедневно блистательные эксперименты Франка со столкновениями атомов и молекул и убеждаясь, что представление о частицах не могло быть просто отброшено. Следовало найти путь, позволяющий примирить представления о частицах и волнах. Связующее звено я увидел в вероятностном подходе. В совместной статье, написанной тремя авторами, был раздел (глава 3, параграф 2), написанный мною, где вводился вектор x с составляющими $x_1, x_2, x_3 \dots$, которые преобразуются с помощью матриц, но которым никакого истолкования не было дано. Я заподозрил, что этот вектор в какой-то мере связан с распределением вероятностей. Но только после того, как стала известна работа Шрёдингера, мне удалось показать, что вектор x был дискретным представлением его волновой функции ψ , причём оказалось, что $|\psi|^2$ представляет собой плотность вероятности в конфигурационном пространстве. При описании процессов столкновения как рассеяния волн и с помощью других методов эта гипотеза подтвердилась. Теория столкновений была разработана независимо Дираком несколько иным путём.

Все эти работы были прерваны поездкой в Америку (зимой 1925—1926 гг.), где я читал лекции в Массачусетском технологическом институте по теории кристаллов и квантовой механике. Небольшой томик, названный «Проблемы атомной динамики»[8], в котором изложены эти лекции, насколько мне известно, является первой книгой по квантовой механике. В сотрудничестве с Норбертом Винером (впоследствии прославившимся своей кибернетикой) я пытался расширить матричную теорию дискретных энергетических спектров на более общие системы (свободные частицы) с непрерывным спектром; мы разработали операторное исчисление, оказавшееся весьма близким к методу Шрёдингера, который, однако, в то время был нам неизвестен. Моя статистическая интерпретация ψ -функции была только первым шагом в нашем понимании взаимоотношений частиц и волн в атомной физике. Наиболее важным вкладом для прояснения этой идеи было соотношение неопределённостей Гейзенберга и принцип дополнительности Бора. Хотя подавляющее большинство физиков приняли эту теорию, всегда находились учёные, которые не разделяли её, и среди них такие выдающиеся фигуры, как Планк, Эйнштейн, де Бройль и Шрёдингер, которые были лидерами в создании квантовой теории на её первом этапе. Этим можно объяснить в какой-то мере то обстоятельство, что я был удостоен Нобелевской премии за мою работу только двадцать восемь лет спустя (1954 г.).

После возвращения из Соединённых Штатов моё отделение стало центром притяжения физиков-теоретиков из Америки и многих других стран; среди них многие завоевали широкое признание. Это было волнующее время. Кроме официального коллоквиума, мы по вечерам проводили у меня в доме частные дискуссии. Мне было очень трудно поспевать за молодёжью. Я переутомился, и это привело к нервному заболеванию (1928 г.), которое вынудило меня прервать преподавание и исследовательскую работу примерно на год и начать двигаться вперёд более медленно. В этот период ограниченной активности я стал приводить в порядок свои лекции по оптике. Но вместо краткого учебника, как я полагал вначале, они превратились во внушительный том, о котором я уже упоминал.

Между тем относительно мирные 20-е годы подходили к концу; в Америке в 1929 году разразилась финансовая катастрофа, а несколько позднее Гитлер и нацисты пришли к власти. Мы следили за их возвышением с возрастающим ужасом. После того как Гитлер стал рейхсканцлером, мы поняли, что надежды нет. И действительно, скоро наступил день, когда я нашёл своё имя в газетах в списке уволенных по расовым мотивам. Мы покинули Германию (май 1933 г.), образовав первую эмигрантскую ячейку в итальянском южном Тироле. Весна в Доломитовых Альпах была так прекрасна, что мы почти забыли о невзгодах и неустроенности нашего быта. Очень скоро стали приходить приглашения из разных стран, и среди них в Кембридж (Англия), которое я принял, так как знал страну и язык.

И снова несчастье обернулось благодатью. Ибо ничто так не действует благотворно и освежающе на человека, как резкая перемена обстановки. Даже моя жена, которой изгнание причинило гораздо большие страдания, позднее считала вынужденную эмиграцию благом. Но это справедливо для людей, имеющих международные связи. Многие родственники и мои друзья были замучены в концентрационных лагерях или покончили с собой. Мы с женой потратили много времени в Кембридже, пытаясь помочь людям эмигрировать. В Кембридже нам оказали очень дружественный приём. Помимо моего старого колледжа Гонвилля и Кауса, я был прикреплён к колледжу св. Джона, членом которого был Дирак. Университет присвоил мне степень магистра искусств (М. А.) и должность стоксовского лектора.

Пребывание в Кавендишской лаборатории рядом с Резерфордом, Вильсоном, Астоном, Чедвиком, Фоулером, Олифантом, Кокрофтом и многими другими первоклассными физиками было чрезвычайно поучительно.

Я работал и читал лекции, связанные с идеей, которая пришла мне на ум в моём уединении в Доломитах, а именно с нелинейной модификацией теории электромагнитного поля, в котором собственная энергия (электромагнитная масса) точечного заряда была конечной. Это могло быть открыто и двадцать лет назад, и тогда это вызвало бы сенсацию, но могло бы также направить теоретические исследования по неправильному пути, уводящему от квантовой теории. Над этой идеей я работал совместно с Леопольдом Инфельдом (из Польши). Созданная нами так называемая теория Борна — Инфельда оказалась несостоятельной из-за невозможности согласования её с квантовой теорией. В течение этого кембриджского периода я издал учебник по атомной физике[9], седьмое издание которого вышло теперь, и научно-популярную книгу под названием «Беспокойная Вселенная»[10].

Когда в 1936 году срок, на который я был приглашён в Кембридж, окончился, я получил приглашение от сэра К. Рамана, возглавлявшего Индийский институт науки в Бангалуре. Я принял его и провёл с женой в Индии полгода. Это было очень интересно, но о научных результатах поездки сказать нечего.

После нашего возвращения в Кембридж я получил письмо от Петра Капицы, который предлагал мне хорошие условия в Москве. Мы серьёзно обсуждали это предложение, но вскоре мой старый друг Чарлз Галтон Дарвин, профессор натуральной философии (что шотландски означает физику) в Эдинбурге, написал мне, что он уходит со своего поста, чтобы принять колледж в Кембридже, и направляет мне приглашение университета стать

его преемником.

Так мы уехали в Шотландию и жили там семнадцать лет, даже дольше, чем в Гёттингене. Мы любили прекрасный старый город, страну и шотландцев и были там очень счастливы. Но я не могу останавливаться на этом, скажу лишь несколько слов о своей работе. Как обычно, я переходил от одной темы исследования к другой и находил способных учеников и сотрудников. Из последних я хотел бы отметить троих. Это, во-первых, Рейнгольд Фюрт, профессор немецкого университета в Праге, который прибыл в качестве эмигранта как раз перед началом войны и оказал мне громадную помощь в руководстве учениками по термодинамике кристаллов и по другим темам. Затем Клаус Фукс, чрезвычайно одарённый человек, никогда не скрывавший того, что он коммунист; после начала войны и короткого периода интернирования в качестве подданного вражеской страны он примкнул к группе английских учёных, занимавшихся исследованиями деления ядра. Третьим был Герберт Сидней Грин, впоследствии профессор в Аделаиде (Австралия), с которым я разрабатывал строгую кинетическую теорию газов и жидкостей. Наши статьи были собраны в отдельной небольшой книге[11]. Работы по кристаллам, которые мы вели, были связаны главным образом с определением спектра колебаний решёток из диффузного рассеяния рентгеновских лучей и эффекта Рамана; Международный конгресс в Копенгагене (1963 г.) показал, что эти проблемы снова оказались в центре внимания специалистов, занимавшихся физикой твёрдого тела, так как применение нейтронов вместо рентгеновских лучей позволило получить гораздо больше добротных экспериментальных данных. Мы также разносторонне исследовали мою идею, названную принципом взаимности. Целью этих работ было объяснение существования и свойств элементарных частиц, но они ни к чему не привели, поскольку эмпирический материал, накопленный к тому времени, был слишком скуден. Сейчас представляется, что идеи эти действительно применимы к недавно открытым короткоживущим частицам и резонансам.

Среди моих студентов было четыре весьма одарённых; с одним из них, Кун Хуаном, ставшим позднее профессором в Пекине, я написал новую книгу по динамике кристаллических решёток, в которой квантовая механика использована систематически[12].

Для всех этих работ я вначале располагал двумя полуподвальными помещениями, позже — тремя или четырьмя, и бюджет мой по сравнению с современными стандартами был довольно скудным (в Гёттингене он был не больше). У нас всегда бывало довольно тесно, так как среди молодых исследователей, кроме нескольких шотландцев, были люди со всего мира. Административные функции и большую часть основной преподавательской нагрузки взяли на себя мои преподаватели Р. Шлапп и А. Нисбет. В последние годы к ним присоединился Е. Вольф, сотрудничавший со мной при создании моей второй большой книги по оптике[13].

В 1948 году я получил приглашение прочесть курс вейнфлитовских лекций в колледже св. Магдалины (Оксфорд). Они были опубликованы под названием «Натуральная философия причины и случая»[14]; их второе издание (в мягкой обложке) вышло в Америке[15]. В этой книге я попытался сформулировать философские идеи, касающиеся науки, которые я как физик разрабатывал в течение своей жизни.

Я хотел бы рассказать о многих своих друзьях и коллегах среди профессуры, но должен ограничиться несколькими именами. Кафедрой экспериментальной физики руководил Баркла, получивший известность благодаря своему открытию характеристического поглощения рентгеновских лучей различными элементами. Математическое отделение возглавлял Эдмунд Уайтекер, часто помогавший мне в работе. Философ Кемп-Смит стал моим ближайшим другом и учил меня, правда с сомнительным успехом, как стать шотландцем. В Эдинбурге работа по устройству эмигрантов продолжалась, но легла на плечи главным образом моей жены, вступившей в общину квакеров. Их общество вместе со многими другими организациями спасло сотни людей от концентрационных лагерей и газовых камер. Годы войны в Эдинбурге были столь же мрачными и угнетающими, как и в других местах, но довольно странно, что мы не

подвергались сильным налётам авиации.

После войны жизнь стала ярче, особенно когда в Эдинбурге стали проводиться музыкальные и театральные фестивали, приобретшие вскоре мировую известность. Появилось много старых друзей, которых мы не видели много лет, среди них пианист Артур Шнабель и другие артисты. Мы смогли снова посетить континент, и, когда Гёттинген продолжил мне вместе с Франком и Курантом ключи от города (почётное гражданство), мы после некоторых колебаний согласились. За первым посещением Западной Германии последовали другие, и, когда в конце 1953 года я вышел в отставку по возрасту, мы решили обосноваться в ФРГ. Я не могу здесь обсуждать причины этого решения, и, хотя некоторые из моих друзей, в том числе и Эйнштейн, были огорчены, мы об этом шаге не сожалели. Мы выбрали небольшой курортный городок Бад-Пирмонт, расположенный в очаровательной сельской местности недалеко от Гёттингена, но на достаточном удалении от многолюдья. Здесь я нашёл себе новую задачу. Но прежде чем я скажу об этом несколько слов, я хотел бы отметить, что я не отказался полностью от занятий физикой, продолжая изучать её философские аспекты.

При уходе в отставку с моей эдинбургской кафедры мне был торжественно вручён *Festschrift* (почётное издание) со статьёй Эйнштейна, в которой он на основе своей концепции физической реальности кратко и ясно изложил, почему он отвергает статистическую интерпретацию квантовой механики. Я не мог согласиться с этим и даже его математический анализ примера считал недостаточным. В своём ответе я попытался защитить свою статистическую точку зрения, показав, что претензия классической механики на детерминистическое истолкование событий неоправданна, поскольку претензия эта основана на предположении, что абсолютно точные данные имеют физический смысл, а это я считал абсурдным. Так я разработал статистическую формулировку классической механики. Затем я предложил прямолинейную квантовомеханическую трактовку примера Эйнштейна и показал, что в классических пределах он переходит точно в результат, ранее полученный на основе моей статистической формулировки классической механики.

Эйнштейн ответил, что я его неверно понял, поскольку его возражения были связаны с концепцией реальности, а не с детерминизмом. Завязалась переписка, полная взаимных недоразумений. Паули, бывший в то время в Принстоне, попытался в этом споре выступить посредником и сказал мне откровенно, что я плохо прислушиваюсь к мнениям других людей. Полагаю, что он был прав. Но он помог мне переработать мою статью и полностью одобрил её окончательный вариант, который появился в одном из номеров «*Transactions*» Датской Академии наук в честь семидесятилетия Нильса Бора. Хотя спор с Эйнштейном был довольно острым, он ни в малейшей степени не повлиял на наши дружеские отношения.

В Пирмонте я продолжал работать в этом направлении. В результате это привело к публикации статьи (совместно с В. Людвигом), в которой движение свободно движущегося (например, вращающегося) тела описывается единой формулой, от предельно квантовой области с дискретными состояниями вплоть до классической области непрерывности.

Теперь я перехожу к моим последним занятиям в Западной Германии в течение последних лет. Они связаны с социальными, экономическими и политическими последствиями развития науки, в основном вызванными созданием атомной бомбы, но также и с другими патологическими симптомами нашего века науки, такими, как ракетные исследования, космические путешествия, перенаселение и т. д. Когда я прибыл в Западную Германию (1954 г), казалось, что эти вопросы почти никого не интересуют. Теперь существует общество, называемое Союзом немецких учёных, которое активно работает над этими проблемами и не лишено влияния на западногерманское правительство. Выходит в свет периодическое издание «*Atomzeitalter*» (Атомный век), аналогичное журналу «*Bulletin of the Atomic Scientists*». Хотя мои публикации и выступления по радио часто шли вразрез с политикой федерального правительства Западной Германии, мне не чинили препятствий — напротив, я был удостоен высокой награды.

Всё это едва ли может считаться биографией, поскольку здесь затрагиваются события моей жизни в профессиональном плане и опускаются почти все её человеческие аспекты — семья, отношение к литературе, искусству, музыке и т. п. Всякий, кто пожелает проверить, что я говорил о своих работах, может это сделать с помощью издания, которое явилось для меня драгоценным знаком внимания, — я имею в виду избранные статьи в двух томах, опубликованных Гёттингенской академией[16].

Глава 3. Размышления

Мне хотелось бы поделиться некоторыми размышлениями о том, что значит наука для меня лично и для общества. Излагать свои соображения я начну с весьма тривиального замечания о том, что достижения и успехи в жизни зависят во многом от везения. Самому мне повезло с родителями, женой и детьми, с учителями, учениками и коллегами-сотрудниками. Мне посчастливилось пережить две мировые войны и несколько государственных переворотов, среди которых гитлеровский был для меня, как неарийца, наиболее угрожающим.

Я считаю нужным рассматривать науку с двух сторон — под углом зрения личных интересов, а также интересов общества. С самого начала я сильно увлёкся научными исследованиями; они до сих пор доставляют мне удовольствие. Это чувство немного напоминает то, которое испытывает каждый при отгадывании кроссвордов. Но всё же чувство, охватывающее исследователя в науке, неизмеримо более сильное, сильнее того, что можно испытывать от любой творческой работы, за исключением разве что искусства. Эта радость творчества состоит в том, что вы переживаете, как самые сокровенные тайны природы раскрываются перед вами, как разгадывается секрет происхождения Вселенной, как ваша работа обнаруживает смысл и порядок там, где до вас не могли обнаружить ничего, кроме бессмысленной путаницы явлений. Это чувство можно назвать философским удовлетворением.

Я изучал философов всех времён и встретил у них множество ярких идей, но не смог усмотреть никакого стабильного прогресса к более глубокому познанию или пониманию сути вещей. Наука, напротив, наполняет меня чувством устойчивого прогресса, и я убеждён, что именно теоретическая физика есть подлинная философия. Она революционизировала самые основные понятия, например о пространстве и времени (теория относительности), о причинности (квантовая теория), а также о субстанции и материи (атомистика). При всем этом теоретическая физика научила нас новым методам мышления (принцип дополнительности), применимость которых далеко выходит за рамки физики. В последние годы я был занят попытками формулирования философских принципов, выводимых из науки.

Когда я ещё был молод, промышленность весьма мало нуждалась в учёных. Поэтому их единственным способом зарабатывать на жизнь было преподавание. Для меня преподавание было делом приятным, особенно преподавание в университете. По-моему, задачу преподнесения научных истин так, чтобы увлечь студентов и побудить их творчески мыслить, можно решить лишь на уровне искусства, подобного искусству романиста или даже драматурга. Это же требуется и для написания учебников. Наибольшее удовольствие доставляет обучение студентов и аспирантов, ведущих самостоятельную исследовательскую работу. Мне посчастливилось иметь среди таких студентов настоящих гениев. Как чудесно открыть в учениках талант и побудить этот талант к плодотворной работе.

Таким образом, с личной точки зрения, наука предоставила мне в полной мере удовлетворение и радость, которые только может получить человек от своей профессиональной деятельности. Однако на моём веку наука стала делом государственной важности, она привлекает пристальное внимание общества, и теперь устарела точка зрения на науку как на «искусство ради искусства», которой я придерживался в молодости. Наука стала неотъемлемой и наиболее важной частью нашей цивилизации, а научная деятельность

теперь понимается как непосредственный вклад в развитие цивилизации. В наш век техники наука обрела социальные, экономические и политические функции. И какой бы отдалённой от технических приложений ни выглядела ваша работа, она представляет собой звено в цепи действий и решений, определяющих судьбу всего рода человеческого. Я сам осознал этот аспект науки во всём его значении только после Хиросимы. Но затем эта сторона науки оказалась (для меня) настолько важной, что я вынужден был переосмыслить те перемены, которые вызвала наука в делах человеческих на протяжении только одной моей жизни.

Несмотря на всю мою любовь к научной работе, результаты моих размышлений оказались угнетающими. Эту обширную тему не уложишь в несколько строчек. Однако очерк моей жизни был бы неполным, если бы я не дал хотя бы намёк на то, к чему я пришёл.

Теперь мне представляется, что попытка природы создать на этой земле мыслящее животное вполне может кончиться ничем. Доводом в пользу такого заключения служит не только большая и всевозрастающая вероятность развязывания ядерной войны с уничтожением всей жизни на земле. Если даже такую катастрофу удастся предотвратить, ничего, кроме тёмного будущего, не ждёт человечество. Другого будущего я увидеть не смог. Из-за своего развитого мозга человек убеждён в собственном превосходстве над всеми другими животными; и всё же можно сомневаться, счастливее ли он со всем своим самосознанием, чем бессловесное животное.

Вся история человечества просматривается на протяжении немногих тысячелетий. Она полна волнующих событий, но в целом довольно однообразна: чередование периодов войны и мира, разрушения и созидания, расцвета и упадка. Всегда существовала кое-какая элементарная наука, развитая философами, а примитивная техника практически не зависела от науки и находилась всецело в руках ремесленников и народных умельцев. И наука, и техника развивались весьма медленно, столь медленно, что довольно долго какое-либо изменение было едва ощутимым и не сказывалось заметно на жизни людей. Но вот внезапно, каких-нибудь триста лет назад, произошёл взрыв интеллектуальной активности, родилась современная наука, современная техника.

С тех пор они развиваются со всевозрастающей быстротой, даже быстрее, вероятно, чем по экспоненциальному закону, изменив человечество до неузнаваемости. Однако, хотя этими изменениями мы обязаны разуму, они разумом не контролируются. Едва ли необходимо подтверждать этот факт примерами. Медицина справилась с большинством источников заразы, почти со всеми эпидемическими болезнями, и это привело к удвоению продолжительности человеческой жизни, причём достигнуто это было в пределах жизни одного поколения. Результат? Перспектива катастрофической перенаселённости. Люди стали жить скученно в городах, теряя всякий контакт с природой. Естественные формы жизни быстро исчезают. Связь между различными частями земного шара становится почти мгновенной, путешествия — неправдоподобно быстрыми. Результат: каждый незначительный кризис в любом уголке мира влияет на весь остальной мир, что делает разумное урегулирование политических отношений практически невозможным. Автомобиль сделал общедоступной любую глушь, но прокладка дорог портит места отдыха.

Впрочем, недочёты такого рода могут быть со временем исправлены техническими или административными средствами.

Настоящая болезнь гнездится глубже. Она состоит в разрушении этических принципов, которые создавались веками и позволяли сохранять достойный образ жизни даже во времена жесточайших войн и повсеместных опустошений. Достаточно привести пару примеров того, как традиционная этика исчезла под воздействием техники. Один пример из мирного времени, другой — из военного.

В состоянии мира основу жизни общества составлял упорный труд. Человек был горд своим умением работать и плодами своей работы. Квалификация и изобретательность в применении знаний ценились очень высоко. Сегодня от этого мало что осталось. Применение машин и автоматики принижает значение личного вклада человека в выполняемую работу и уничтожает чувство собственного достоинства. Теперь целью

работы и вознаграждением являются деньги. К деньгам же люди стремятся ради приобретения продуктов производства, создаваемых другими людьми опять-таки ради денег.

В войне идеальный солдат отличался силой, храбростью, великодушием к побеждённым и состраданием к незащитным людям. От всего этого ничего не осталось. Новейшее оружие массового уничтожения не оставляет места для каких-то этических ограничений и низводит солдата до положения убийцы-технолога.

Такая девальвация этики объясняется длительностью и усложнённой пути от действий человека до конечного результата. Большинство работников знают лишь узкий участок процесса производства, и едва ли когда-нибудь удаётся видеть полностью законченное изделие — продукт этого производства. Естественно, сознание этого факта не наполняет работника чувством ответственности за этот продукт или за его использование на практике. Вне его поля видимости решается вопрос о том, с недобрыми или добрыми намерениями, во вред или на благо используются плоды его труда. Наиболее отвратительным последствием такого рода разрыва между действием и его результатом было уничтожение миллионов людей во время фашистского режима в Германии; убийцы типа Эйхмана не признавали себя виновными, ссылаясь на то, что они «исполняли свои обязанности» и не имели никакого отношения к конечной цели, которую ставили перед собой их руководители.

Терпят крах попытки приспособить наш этический кодекс к ситуации, создавшейся в технический век. Представители традиционной христианской этики не нашли такого средства, насколько мне известно. В некоторых странах идея об этическом кодексе, действительном для каждого человека, отброшена и заменена принципом, что законы государства — это и есть моральный кодекс.

Оптимист может надеяться, что из этого закона джунглей вырастет новая этика, причём вырастет вовремя, чтобы позволить избежать ядерной войны и всеобщего уничтожения. Однако не исключена и противоположная возможность — не существует никакого решения этой проблемы в силу самой природы переворота в человеческом мышлении, вызванного научно-технической революцией.

Здесь я останавливаюсь только на главных пунктах проблемы, о которой я не раз уже писал (см. главу «Символ и реальность» в этой книге). Речь идёт о том, что средний человек — это наивный реалист. То есть, он воспринимает свои чувственные впечатления как непосредственную информацию о реальности, подобно животному. К тому же он ещё и убеждён, что все другие люди придерживаются того же, воспринимая такую же информацию. Средний человек не осознаёт, что нет никакого способа удостовериться, является ли его личное представление (о том, что дерево зелено и т. п.) таким же, как представление (об этом же дереве) у другого человека, и что даже само слово «такое же» не имеет здесь никакого смысла. Индивидуальный чувственный опыт не имеет объективного и подтверждаемого значения, смысла, который можно сообщить другим. Сущность же науки состоит в установлении объективных соотношений между результатами двух или более отдельных чувственных опытов, а особенно соотношений равенства. Такие соотношения можно сообщить, и их могут проверить различные экспериментаторы. Если же намеренно ограничиваться употреблением только таких (научных) утверждений, то получается объективная, хотя и бесцветно-холодная, картина мира. Именно в этом заключается характеристика научного метода[17]. В так называемый период классической физики, то есть до 1900 года, методология науки развивалась медленно. Та методология, характерные черты которой я упомянул, стала доминировать в новейшей атомной физике. Это привело к чрезвычайному расширению горизонта знаний и в космосе и в микромире, а также к поразительно успешному овладению силами природы. Но успех этот куплен ценой мучительной расплаты. Ибо научный подход страдает склонностью порождать сомнение и скептицизм по отношению к традиционному, ненаучному знанию и даже по отношению к простым, безыскусственным поступкам, которые составляют неотъемлемую часть жизни человеческого общества.

Никто ещё не придумал средств для поддержания стабильности общества людей без помощи традиционных этических принципов, и никто не знает, как обосновать научными методами традиционные этические нормы.

Настоящие учёные составляют, как всегда, ничтожное меньшинство, однако внушительные успехи техники поставили этих людей на ключевые позиции в обществе. Они прекрасно сознают явное преимущество своего образа мышления, позволяющее им достигать большей объективности, но плохо — принципиальную ограниченность такого мышления. Их политические и этические суждения поэтому зачастую примитивны и вызывают опасения.

Уровень развитости того стиля мышления, который отличен от естественнонаучного, зависит, конечно, также от образованного меньшинства — юристов, теологов, историков, философов, которые в силу определённой ограниченности своей подготовки не способны распознать наиболее мощные социальные силы нашего времени. Таким образом, цивилизованное общество оказывается расколотым на две группы: одна из них руководствуется традиционными гуманитарными принципами, а другая — естественнонаучными идеями. Эту ситуацию в последнее время обсуждали многие выдающиеся мыслители, например Чарлз Сноу в своей книге «Наука и правительство»[18]. Отмечая эту слабость нынешнего социального устройства, ряд видных авторов выражают уверенность, что ситуация эта будет ликвидирована разумно сбалансированным образованием.

Предложений улучшить образование в указанном направлении множество, но пока от них мало пользы. Судя по моему личному опыту, весьма многие учёные и инженеры — это вполне прилично образованные люди, знакомые с литературой, историей и другими гуманитарными предметами; они любят живопись и музыку, некоторые даже пишут картины, другие играют на музыкальных инструментах. Но в то же время научное невежество и даже презрение к науке пугающе распространено среди людей с гуманитарным образованием. Если говорить обо мне лично, то я знаю и люблю многие произведения немецкой и английской литературы и даже пытался заниматься переводом стихов с немецкого на английский[19]. Мне знакомы также произведения других европейских авторов — французских, итальянских, русских и других. Я люблю музыку и в молодости довольно прилично играл на фортепьяно, участвуя в камерных концертах, а иногда исполнял с друзьями несложные концерты для двух фортепьяно, изредка даже в сопровождении оркестра. Всю жизнь я с интересом читал труды по истории, а также по актуальным социальным, экономическим и политическим проблемам. Я предпринимал попытки влиять на политическое общественное мнение своими статьями и выступлениями по радио.

Многие из моих коллег разделяли эти интересы и увлекались той же деятельностью; Эйнштейн был хорошим скрипачом, Планк и Зоммерфельд были превосходными пианистами; то же самое можно сказать про Гейзенберга и многих других. Что же касается философии, то любой современный учёный-естественник, особенно каждый физик-теоретик, глубоко убеждён, что его работа теснейшим образом переплетается с философией и что без серьёзного знания философской литературы его работа будет впустую. Этой идеей я руководствовался сам, стараясь вдохнуть её и в своих учеников, чтобы сделать их не какими-то приверженцами традиционной философской школы, а специалистами, способными критически анализировать уже известные понятия и системы, найти их пороки и преодолеть их с помощью новых концепций, как учил нас Эйнштейн. Поэтому я считаю, что учёные-естественники отнюдь не оторваны от гуманитарного образа мышления.

Другая сторона вопроса представляется мне в несколько ином свете. Уж очень многие люди с чисто гуманитарным образованием, которые встречались мне, не проявляли даже признаков склонности к действительно научному мышлению. Зачастую им были известны научные факты, иногда настолько специальные, что я сам о них едва слышал, но люди эти в корне не признавали научного метода рассуждения, который я формулировал

выше. Они были, по-видимому, неспособны ухватить суть научного метода. Мне представляется, что искусное и фундаментальное научное мышление — это некий дар, который нельзя компенсировать обучением и который достаётся лишь ничтожному меньшинству.

Однако в практической жизни, особенно в политике, требуются люди, сочетающие жизненный опыт и гуманитарные интересы со знаниями в области науки и техники. Более того, они должны быть людьми деятельного, а не созерцательного типа. У меня сложилось впечатление, что никакими мерами по улучшению методов образования нельзя добиться, чтобы неодарённые люди приобрели всё требуемое для этого.

Меня преследует мысль, что такой разрыв в человеческой цивилизации вызван именно открытием научного метода и наступил, быть может, необратимо. Хотя я влюблён в науку, меня не покидает чувство, что ход развития естественных наук настолько противостоит всей истории и традициям человечества, что наша цивилизация просто не в состоянии сжиться с этим процессом. Нынешние политические и милитаристские ужасы, полный распад этики — всему этому я сам был свидетелем на протяжении своей жизни. Эти ужасы можно объяснить не как симптом эфемерной социальной слабости, а как необходимое следствие роста науки, которая сама по себе есть одно из высших достижений человеческого разума. Если это так, то человеку как существу свободному и способному отвечать за свои действия должен наступить конец. Если даже род человеческий не будет стёрт ядерной войной, он может выродиться в какие-то разновидности оболваненных и бессловесных существ, живущих под тиранией диктаторов и понукаемых с помощью машин и электронных компьютеров.

Конечно, это скорее похоже на кошмарный сон, чем на пророчество. Хотя я сам не принимал участия в применении научных знаний для разработки столь разрушительных устройств, какими являются атомная и водородная бомбы, я всё же чувствую, что несу за эти вещи определённую ответственность. Если мои представления верны, то судьба рода человеческого неизбежно связана со спецификой самого человека, а он представляет собой такое создание, в котором перемешаны животные инстинкты с интеллектуальной мощью.

Однако эти рассуждения вполне могут оказаться и неверными. Именно на это я и надеюсь. Когда-нибудь человек сможет стать более способным и мудрым, чем кто-либо из людей нашего времени. Тогда человечество выйдет из тупика.

Часть 2

Глава 1. Эволюция и сущность атомного века

Рассматривая атомный век в его движении, исследуя его природу, я не буду распространяться о физических открытиях и их технических и военных приложениях, а лучше попытаюсь проследить исторические корни этих открытий и воздействие последних на судьбу человека. Но учёный такого склада, как я, имеет слишком мало времени для исторических исследований. Восполняя это, я могу опереться на факты своей долгой жизни; на её протяжении я был свидетелем целого отрезка новейшей истории и много размышлял об этом. Я прочёл или по крайней мере просмотрел несколько книг, которые в данном случае могут пригодиться. Со студенческих лет запомнился мне «Закат Европы» Шпенглера. Мне довелось также познакомиться с внушительным трудом Арнолда Тойнби и слушать его лекции памяти Джиффорда в Эдинбурге. Я упоминаю этих двух авторов, поскольку оба они разделяют мнение, что в человеческой истории есть регулярность или даже законы, которые могут быть вскрыты при сравнительном изучении различных стран и цивилизаций. Большая часть того, что я знаю о европейской истории, берет, однако, своё начало из книги, широко используемой в английских школах и элементарных университетских курсах благодаря её великолепному стилю и ясности — это «История Европы» Е. А. Фишера. Его

точку зрения можно уяснить из нескольких строк предисловия: «Люди мудрее и учёнее меня заметили в истории какой-то замысел, ритм, какие-то предопределённые черты.

Эта гармония для меня остаётся скрытой. Я могу различить лишь одно чрезвычайное событие, следующее за другим, как волна бежит за волной, только один огромный факт, из которого, поскольку он уникален, нельзя вывести никакого обобщения, но лишь одно надёжное правило для историка: в эволюции человеческих судеб усматривается игра случайного и непредвиденного. Это не доктрина цинизма и отчаяния. На скрижалях истории факт прогресса запечатлён чётко и внушительно, но прогресс не является законом природы. Знания, приобретённые одним поколением, могут быть потеряны следующим. Мышление людей может пойти по таким каналам, которые ведут к катастрофе и варварству».

Таким образом, по-видимому, имеются две исторические школы: одна считает, что история подчиняется законам и имеет смысл, другая это отрицает.

Как учёный, я привык искать в явлениях природы регулярность и закономерность. Я прошу читателя терпимо отнестись к тому, что данную проблему я рассматриваю с этой точки зрения, однако способом, совершенно отличным от того, которым пользовались Шпенглер и Тойнби.

Заря новой исторической эпохи, например переход от античности к средневековью, по-видимому, была не замечена теми, кто жил в то время. Всё шло без скачков, жизнь сына ненамного отличалась от жизни отца. Это историки разделили прошлое на периоды и эпохи, чтобы как-то проложить себе путь в хаосе событий. Даже начало научно-технического периода, в котором мы живём теперь, было медленным процессом, растянувшимся более чем на сто лет и едва ли замеченным современниками.

Но сегодня вещи, по-видимому, меняются быстрее. За каких-то несколько лет было открыто нечто новое, что преобразует нашу жизнь. Это новое содержит в себе одновременно и страшную угрозу и ослепительную надежду: угрозу самоуничтожения человеческого рода и надежду на земной рай. И это не откровения религиозных пророков или мудрецов-философов, отнюдь нет, эти две возможности даны человечеству наукой, представляющей результат наиболее трезвой деятельности разума. Угроза уничтожения, в частности, была продемонстрирована на примерах Хиросимы и Нагасаки, хотя атомные бомбы, сброшенные на эти города, были детскими игрушками по сравнению с термоядерным оружием, разработанным с тех пор.

Я не принимал никакого участия в разработке ядерной физики, но знаю о ней достаточно, чтобы уяснить, что она означает не многократное увеличение разрушительной мощи, а радикальное и стремительное изменение ситуации. Запас атомных и водородных бомб в США и России, вероятно, достаточен, чтобы стереть с лица земли все крупные города в обеих странах и, кроме того, наверное, все остальные центры цивилизации. Но готовятся или, должно быть, уже готовы к применению гораздо худшие сюрпризы: кобальтовая бомба, например, которая порождает радиоактивную пыль, способную распространиться на большие районы и убить в окрестности всё живое. Особенно зловещи последствия облучения на неродившиеся поколения: возможно возникновение мутаций, которые могут привести человеческий род к вырождению. Последние применения ядерной физики — производство энергии, получение изотопов для медицины и техники — могут действительно стать благодеянием в будущем, но только если оно есть, это будущее. Мы находимся на распутье, в такой ситуации, с которой человечество ещё не сталкивалось.

Эта ситуация — «быть или не быть» — представляется, однако, симптомом состояния нашего умственного развития. Мы должны вникнуть в более глубокие причины дилеммы, перед которой оказался человек.

Главная причина проистекает из открытия того факта, что материя, из которой состоим мы и все вещи вокруг нас, не есть что-то твёрдое и неразрушимое, напротив, она неустойчива и взрывоопасна. Мы буквально сидим на пороховой бочке. Конечно, эта бочка имеет довольно крепкие стенки, и нам потребовалось несколько тысяч лет для того, чтобы

просверлить в ней отверстие. Но сегодня мы это сделали и в любой момент по собственной воле можем взлететь в небеса. Эта опасная ситуация отражает фактическое положение дел. Ниже я вернусь к научной стороне проблемы и опишу её в строгих терминах. Но сейчас я хочу обсудить, можно ли было оставить бочку в покое и мирно сидеть на ней, не заботясь о её содержимом. Или — если не пользоваться этой метафорой — не могло бы человечество жить и процветать, не исследуя строения материи и избежав таким образом опасности самоуничтожения?

Ответ на этот вопрос предполагает определённую философию истории. Поскольку я едва ли могу претендовать на глубокие познания в этой области, я попытаюсь подойти к искомому ответу, пользуясь методами, свойственными учёному-естественнику.

С этой точки зрения положение представляется следующим: человека часто определяют как «думающее животное», развитие его зависит от его способности накапливать опыт и действовать в соответствии с ним. Отдельные индивиды или группы прокладывают путь, остальные следуют за ними и учатся. В течение столетий этот процесс был безмянным: мы ничего не знаем о людях, которые изобрели первые орудия труда и оружие, научились скотоводству и земледелию, разработали языки и искусство письма. Но можно быть уверенным, что даже тогда имела место вечная борьба между меньшинством новаторов и консервативной массой, борьба, которую мы наблюдаем по письменным документам всех более поздних периодов. Общая численность людей увеличивается с каждым улучшением условий жизни. Если процент одарённых остаётся, грубо говоря, постоянным, то их абсолютное число растёт в том же темпе, что и общая численность населения. И с каждым техническим изобретением возможность новых комбинаций возрастает. Следовательно, положение сходно с ситуацией, имеющей место в исчислении сложных процентов, — мы имеем дело с тем, что математики называют экспоненциальным ростом.

Конечно, это верно лишь в очень широком смысле — это статистический закон. Но я убеждён, что законы статистики имеют силу в истории точно так же, как в игре в рулетку или в атомной физике, звёздной астрономии, генетике и т. п., короче — во всех случаях, когда приходится иметь дело с большими числами. Сегодня мы знаем, что большинство законов природы имеет статистическую природу и допускает отклонения; мы, физики, называем их флуктуациями.

Поскольку эта идея знакома каждому, позвольте мне проиллюстрировать её простым примером. Воздух, которым мы дышим, кажется нам веществом тонким, непрерывным, с равномерно распределенной плотностью. Но исследования при помощи чувствительных приборов показали, что на самом деле воздух состоит из бесчисленного количества молекул (в основном двух видов: азота и кислорода), которые летят в разных направлениях и сталкиваются друг с другом. Впечатление непрерывности есть следствие грубости наших ощущений, которые регистрируют только осреднённое поведение большого числа молекул. Но тут возникает вопрос: почему в своём хаотическом танце молекулы распределяются в среднем равномерно? Или, иными словами, почему в двух равных объёмах пространства содержится одинаковое число молекул? Ответ заключается в том, что в равных объёмах никогда не содержится точно одинаковое число молекул, а только приблизительно одинаковое число их, и это следствие простого статистического результата, согласно которому это приблизительно равномерное распределение по сравнению с каким-либо иным распределением имеет наибольшую вероятность. Но имеются отклонения от этого, которые можно наблюдать, если сравниваемые объёмы достаточно малы. Частицы, взвешенные в воздухе, например пыльца растений или дым сигареты, совершают небольшие нерегулярные зигзагообразные движения, которые могут быть видны в микроскоп. Объяснение, которое Эйнштейн дал этому явлению, называемому броуновским движением, состоит просто в том, что число молекул воздуха, которые соударяются в противоположных направлениях с крошечными, но видимыми в микроскоп частицами, в любой краткий промежуток времени не точно равны друг другу; следовательно, частица получает толчки в разных направлениях

вследствие флуктуации среднего числа испытываемых актов отдачи.

В принципе величина флуктуации ничем не ограничена, но статистические законы делают чрезвычайно маловероятным возникновение очень больших отклонений. В противном случае могло бы случиться, что в течение нескольких минут плотность воздуха возле моего рта стала бы столь малой, что я бы задохнулся. Я этого не боюсь, потому что вероятность этого события бесконечно мала.

Даже степень неопределённости следует определённым статистическим законам. Я думаю, что история в космическом смысле подчиняется таким же статистическим законам. Но обычная история имеет дело, в общем, с малыми группами людей и относительно малыми, короткими периодами времени; в этих обстоятельствах не статистическая равномерность, а именно флуктуации бросаются в глаза и кажутся хаотическими и бессмысленными. Наблюдая за развитием страны или группы людей в течение, скажем, нескольких сотен лет, никакого «статистического развития» можно и не заметить и могут быть обнаружены даже признаки попятного движения. Но раньше или позже мощь человеческого духа проявит себя в другой части света или в другое время. По этой причине представляется неизбежным одно заключение: процесс накопления и приложения знаний как результат деятельности всего человеческого рода в течение длительных периодов времени должен следовать статистическому закону экспоненциального роста и не может быть приостановлен.

Проиллюстрируем это положение несколькими историческими примерами. Решительный шаг на пути к атомной физике был сделан около двадцати пяти столетий назад греческой школой натурфилософии — Фалесом, Анаксимандром, Анаксименом и особенно атомистами Левкиппом и Демокритом. Они были первыми, кто, размышляя о природе, стремился к чистому знанию, не ища в нём немедленной материальной выгоды. Они постулировали существование законов природы и пытались свести разнообразные виды материи к конфигурациям и движению невидимых неизменных одинаковых частиц. Нелегко оценить огромное превосходство этой идеи над всеми концепциями того времени, существовавшими в остальном мире. В сочетании с выдающимися достижениями греческих математиков эта идея могла бы привести к коренным изменениям в научно-техническом развитии, если бы социальные условия той эпохи были более благоприятны. Но греческие аристократы жили в мире, идеалом которого была гармония и красота тела и разума, они презирали ручной труд как удел рабов и пренебрегали экспериментом, поскольку его нельзя выполнить, не замарав рук. По этой причине не было ни попыток проверить эти идеи опытом, ни попыток их технического приложения, хотя, если бы это случилось, античный мир, возможно, выстоял бы под ударами варварства.

После периода больших миграций христианская церковь воздвигла систему, резко осуждающую новшества. Но зажжённый греками огонёк тлел под пеплом. Он теплился в книгах, которые хранились и переписывались во многих монастырях или лежали в библиотеках Византии, и вспыхнул ярким огнём в умах арабских учёных, хранивших до поры греческие традиции и сделавших существенно новые открытия в математике и астрономии. Византийцы, бежавшие от турок в Италию, вывезли свои книги и, что более важно, не только знание классической античности, но также идею научного исследования. Так пришло время открытий и изобретений, которое на несколько столетий обеспечило Европе ведущее положение.

Из этого можно сделать два вывода. Во-первых, было бы совершенно абсурдно полагать, что кризиса рода человеческого, который возник на заре атомного века, можно было избежать или запретить дальнейшее развитие опасных знаний. В наше время известны периоды, когда развитие науки тормозилось, например при Гитлере, под лозунгом борьбы с «еврейской физикой», но успеха это не имело. Во-вторых, кажущаяся внезапность возникновения критической ситуации вызвана в основном иллюзией перспективы. Познание природы и могущество, им порожаемое, неуклонно росли — правда, с флуктуациями и попятными движениями — с возрастающим ускорением, характерным для

самоподдерживающегося экспоненциального процесса. Таким образом, неизбежно должен был наступить день, когда изменения условий жизни, вызванные этим процессом, станут на протяжении жизни одного поколения столь значительными, что покажутся катастрофой. Впечатление катастрофы усиливается ещё и потому, что некоторые страны не принимали участия в этом техническом развитии и должны были приспособиться к нему без подготовки.

Наше поколение собирает урожай, посеянный греческими атомистами. Конечным результатом физических исследований явилось подтверждение их фундаментальной идеи о том, что материальный мир, по существу, построен из одинаковых элементарных частиц, взаимодействия которых и порождают разнообразие явлений. Эти элементарные частицы называются нуклонами, потому что если собрать их вместе в тесной упаковке, то они образуют атомное ядро. Химические атомы вопреки названию делимы и неидентичны для одного и того же элемента. Это следствие того факта, что нуклон может быть либо электрически нейтральным — в этом случае он называется нейтроном, — либо он может нести положительный элементарный заряд — в этом случае он называется протоном. Химический атом состоит из ядра, которое представляет собой чрезвычайно плотный агломерат нейтронов и протонов (следовательно, ядро заряжено положительно), и занимающего относительно большой объём облака отрицательно заряженных электрических частиц (называемых электронами), окружающих ядро. Атомы, имеющие одинаковое число протонов и поэтому то же число электронов в облаке, химически и во многих отношениях физически неразличимы, даже если количество нейтронов в ядре различно. Такие почти идентичные атомы, различающиеся только числом нейтронов, то есть по массе (весу), называются изотопами.

Легчайший элемент, водород, состоит главным образом из единственного изотопа — одного протона. Следующий более тяжёлый элемент, гелий, состоит главным образом из изотопа, имеющего два протона и два нейтрона. При слиянии ядер этих элементов высвобождается энергия — огромное количество её. Процесс не происходит спонтанно, так как, для того чтобы свести четыре частицы вместе, требуется затратить определённое количество энергии. Положение напоминает ситуацию в плотине, ворота которой должны быть подняты до того, как вода начнёт вытекать из резервуара. То же самое относится к последующим элементам таблицы Менделеева — они потенциально неустойчивы и соединились бы, если бы не было барьеров, к счастью очень крепких, чтобы не допустить этого. Так обстоит дело для всех элементов вплоть до середины системы Менделеева; начиная отсюда, положение меняется на обратное — каждое ядро имеет тенденцию к расщеплению, что предотвращается только благодаря наличию потенциального барьера. У самого тяжёлого элемента, найденного в природе, урана, самый слабый барьер, и именно он был впервые искусственно сломан в экспериментах Гана и его сотрудника Штрассмана в 1938 году.

Путь от этих тонких лабораторных экспериментов к первому урановому реактору («котлу»), который был построен Энрико Ферми в 1942 году, был долгим и потребовал колоссальной изобретательности, смелости, мастерства, организационных усилий и денег. Решающим событием было открытие того факта, что деление урановых ядер, вызванный столкновением с нейтронами, сопровождается эмиссией нескольких нейтронов и что этот процесс можно направить так, чтобы возникла лавина новых делений, короче — чтобы реакция была самоподдерживающейся. Обратный процесс, слияние лёгких ядер в более тяжёлые (например, превращение водорода в гелий), является источником энергии Солнца и всех звёзд. В их центральных частях температура и давление столь велики, что соединение четырёх нуклонов становится возможным благодаря ступенчатой реакции. Тот же самый процесс слияния ядер осуществлён в земных условиях путём применения урановой бомбы в качестве детонатора. Именно поэтому мы располагаем водородной бомбой.

Сомнений больше нет: вся материя нестабильна. Если бы это было не так, звёзды бы не светили, мы не получали бы тепла и света от Солнца, не было бы жизни на Земле.

Стабильность и жизнь несовместимы. Таким образом, жизнь по необходимости есть опасное предприятие, могущее иметь счастливый или плохой конец. Сегодня проблема заключается в том, как величайшее предприятие человечества направить к счастливому концу.

Уместно будет по этой причине сказать несколько слов о благах, которые могут получить люди, если они будут вести себя разумно. Прежде всего существует проблема энергии. Когда я был молод, полвека назад, было подсчитано, что запасов угля хватит на несколько сот лет; нефть тогда ещё не использовалась в больших масштабах. С того времени было сожжено огромное количество угля, были открыты новые запасы нефти, которая использовалась во всевозрастающей степени. Тем не менее запасов топлива, по нынешним оценкам, должно хватить ещё на многие сотни лет. Поэтому поиски новых источников энергии могут показаться проблемой не первоочередной важности. Но такое заключение было бы ошибочно.

Уголь и нефть не только источники энергии, но и чрезвычайно важная часть сырья для получения великого множества химических продуктов. Вспомните о пластмассах и их бесчисленных применениях. Наступит время, когда сельскохозяйственной продукции будет недостаточно для питания всевозрастающего количества людей. Тогда обратятся к химии, она должна будет создать искусственные заменители, для которых подходящим сырьём является только уголь. Поэтому представляется опасным и разорительным использовать уголь и нефть только для сжигания. Более того, не следует забывать и социальный аспект проблемы. Не далёк, кажется, тот день, когда в цивилизованных странах ни один рабочий не захочет заниматься мрачным и опасным трудом шахтёра, даже при сносной заработной плате. Англия, по-видимому, уже приближается к такому состоянию. Далее, существует много стран, которые не имеют ни угля, ни нефти; для них легко транспортируемое ядерное горючее было бы благодеянием.

Другой способ мирного применения ядерной физики заключается в использовании радиоактивных побочных продуктов работы атомных реакторов. При этом получают неустойчивые, то есть радиоактивные изотопы некоторых элементов, пригодные для многих целей: они могут служить источниками излучения вместо дорогого радия в медицине, технике, сельском хозяйстве, для лечения рака, испытаний материалов, выращивания новых видов растений посредством мутаций и, что, вероятно, ещё важнее, в качестве «меченых атомов». При добавлении небольшого количества радиоактивного изотопа к данному элементу становится возможным проследить «судьбу» этого элемента в химических реакциях, даже в живых организмах, путём наблюдения за характером излучения. Во всё растущем количестве экспериментов в биохимии этот метод уже применяется, и он знаменует собой новую эпоху в нашем познании жизненных процессов.

Всё это открывает в будущем огромные перспективы. Международная конференция в Женеве обсудила практические возможности сотрудничества всех стран в этой области. Я не занимаюсь непосредственно ядерной физикой и поэтому не участвовал в конференции. Но я надеюсь, что труды этой конференции дадут большой урожай. Однако я всё ещё спрашиваю себя, может ли даже технический рай уравновесить зло, порождённое атомной бомбой? Потому что, когда я вначале использовал выражение «на земле», я имел в виду не технический прогресс, а реализацию вечного стремления человека к «миру на земле».

Что касается этих мнений, то я хотел бы подчеркнуть, что я не могу здесь основываться ни на моих знаниях физики, ни на моих спорадических занятиях историей; эти мнения мне кажутся выражением здравого смысла, и они разделяются моими многочисленными друзьями, ведущими учёными во многих странах. Мы уверены, что большая война между великими державами стала невозможной или по крайней мере станет невозможной в ближайшем будущем. Она привела бы, вероятнее всего, к всеобщему уничтожению не только воюющих, но и нейтральных стран. Известное положение Клаузевица о том, что «война есть продолжение политики другими средствами», теперь больше несправедливо, так как война стала безумием, и если род человеческий не способен отказаться от войны, то его зоологическое название должно образовываться не от *sapientia*

(мудрость), а от dementia (безумие).

Ведущие государственные деятели, кажется, хорошо понимают ситуацию. Уменьшение напряжённости, которое мы сейчас наблюдаем, показывает, что это так. Страх перед чудовищными масштабами катастрофы, которая может стать результатом вооружённого конфликта, повсюду привёл к переговорам. Но страх — плохая основа для примирения и разрешения конфликтов. Можно ли верить в то, что мир, основанный на страхе, может быть заменён чем-либо лучшим и более надёжным?

Я рискую прослыть в ваших глазах несколько чудаковатым человеком, который отказывается признать всю тяжесть ситуации подобно смешному философу Пальмштрёму в «Песнях с виселицы» немецкого поэта Моргенштерна:

И потому, что он упорно спорит,
чего быть не должно — не будет.

Но я не одинок в своей надежде на длительный мир. Эйнштейн разделял эту надежду и перед смертью ясно это выразил в совместном заявлении, с Бертраном Расселом и другими. Восемнадцать лауреатов Нобелевской премии, химики и физики, собравшиеся для научной дискуссии в Линдау, единодушно приняли аналогичную декларацию (Майнаульская декларация). И много других людей и групп опубликовали подобные декларации. Но немного времени есть у нас для того, чтобы эти слова возымели своё действие. Всё зависит от способности нынешнего поколения перестроить своё мышление в соответствии с новыми фактами. Если оно окажется неспособным на это, то дни цивилизации сочтены.

И если даже всё пойдёт хорошо, путь к миру будет проходить по самому краю пропасти.

И всё это оттого, что мир полон неразрешённых противоречий: границы стран изменены, их население перемещено, существуют конфликты между расами, языками, национальными традициями, религиями; колониальная система обанкротилась, и, наконец, существуют противоборствующие идеологии капитализма и коммунизма. Можем ли мы действительно надеяться, что все эти ужасные противоречия могут быть разрешены без применения силы? Не было бы предпочтительней вместо поисков радикальных предложений о запрещении войны попытаться запретить международным соглашением новое оружие массового уничтожения? Мои друзья и я считаем эту идею практически нереальной по следующим причинам.

Производство энергии на основе использования ядерных реакций уже планируется повсюду и всё более совершенствуется. Система надзора, созданная для воспрепятствования производству оружия уничтожения, может функционировать лишь в мирное время. Если между великими державами разразится война, даже если она вначале будет вестись обычным оружием, такой надзор прекратится. Разумно ли предполагать, что страна, будучи в отчаянном положении, но надеясь спастись с помощью атомной бомбы, захочет отказаться от этого последнего средства?

Что касается «обычного оружия», то я должен признаться, что не способен понять, почему оно не может стать источником таких же ужасов, которые обычно относят к атомному оружию. Оно перестало быть честным оружием, применявшимся солдатами против солдат, став средством неограниченного разрушения. Оно направлено не только против военных объектов, но также против организационной структуры и производственных мощностей страны-противника, оно — обычное оружие — убивает беспомощных и старых, оно уничтожает наиболее благородные и незаменимые достижения цивилизации. С моральной точки зрения решительным шагом к современному варварству стала концепция тотальной войны. Даже без атомного оружия перспектива использования обычных бомб в сочетании с химическими и бактериологическими ядами достаточно ужасна.

Запрещение лишь одного атомного оружия не оправдано ни с моральной, ни с

гражданской точек зрения. Человечество может быть спасено лишь в том случае, если оно раз и навсегда откажется от применения силы. Сегодня мир зиждется на страхе, но эта основа непрочная. Следующей задачей должна стать стабилизация мира путём укрепления морально-этических принципов, которые лишь одни могут обеспечить мирное сосуществование людей. Христос учил, как человек должен относиться к человеку.

До сего времени страны поступали так, будто заповеди эти действовали только на их территории, но не в сфере их отношений между собой. В этом корень зла. Мы можем выжить, если только в международной сфере недоверие сменится взаимопониманием, подозрительность — желанием помочь, ненависть — любовью. В наше время доктрина отказа от применения силы стала на наших глазах победным оружием в руках нехристианина Мохандаса Ганди, освободившего свою страну без войны (не думаю, что он действовал бы иначе, если бы его противниками были не благонамеренные англичане, а любая другая нация). Почему бы не последовать его примеру?

Мы часто слышим слова осуждения в адрес физиков-атомников: вся неустроенность мира является-де плодом ошибок этих «атлетов разума», причём не только атомная бомба, но и плохая погода.

Я пытался показать, что эволюция человеческого разума должна была однажды привести к освобождению и использованию энергии, хранящейся в атомном ядре. Быстрота, с которой это произошло, привела к возникновению критической обстановки, явившейся следствием трагической случайности исторического значения: деление урана было открыто как раз в то время, когда Гитлер захватил власть, и именно в той самой стране, где он захватил власть. Вынужденный, как и многие другие в то время, покинуть Германию, я видел панику, охватившую мир, когда первые успехи Гитлера сделали вероятной возможность покорения им всех стран мира.

Физики, эмигрировавшие из Центральной Европы, знали, что спасения не было, если бы немцы первые создали атомную бомбу. Даже Эйнштейн, который всю жизнь был пацифистом, разделял эти опасения, и его убедили предупредить об этом Рузвельта.

Учёные, эмигрировавшие из Европы, внесли большой вклад в урановый проект; наиболее выдающимся среди них был Энрико Ферми, один из величайших физиков вашего времени. Нельзя обвинять людей, принимавших участие в создании бомбы, если только не стоять на позициях крайнего пацифизма, воспреещающего применение силы даже перед лицом величайшей беды. Но применение атомных бомб против Японии на последнем этапе войны было совсем другим делом. Ответственность за это несут не только политики и военные, но и группа учёных — советников комитета, назначенного президентом Трумэнном для решения данного вопроса. Эти учёные были поглощены своими проблемами, и они торжествовали, когда решение было найдено, но их мало беспокоили последствия. А если их что-то и беспокоило, то это чувство заглушалось сознанием того, что это лежит вне сферы их влияния.

Мысль о запрещении исследований из-за того, что их результаты могли оказаться опасными, представлялась им абсурдной, так же как и их преемникам, ибо, если бы они отказались от исследований, нашлось бы множество других, согласных на это, и если бы американцы не были впереди, то впереди оказались бы русские. Почти все вернулись потом к мирным занятиям, к исследованиям и преподаванию; ничего более они не желали. Они образовали общество для обсуждения и изучения социальной ответственности учёных и борьбы с неправильным использованием открытий.

Конечно, среди физиков есть и такие, которые почувствовали вкус власти, и она им понравилась, — это честолюбцы, пожелавшие сохранить своё влиятельное положение, приобретённое ими во время войны. Но я думаю, что, в общем, идеал политики без применения силы встретит меньше сопротивления со стороны учёных, чем со стороны других общественных групп. Даже честолюбивые учёные с мировым именем были бы удовлетворены ролью руководителей больших проектов — разработок прикладного характера. Рассмотрение последствий появления такого типа людей для развития самой

науки выходит за рамки моей темы. Я хотел лишь выразить моё личное мнение, которое заключается в том, что с позиций фундаментальных исследований появление подобных учёных было бы плачевным и даже гибельным.

В такой обстановке едва ли можно ожидать нового Эйнштейна. С другой стороны, вмешательство учёных в политику и вопросы управления представляется мне преимуществом, потому что учёные менее догматичны и более склонны обсуждать спорные вопросы, чем люди, искушённые в праве или классических языках и литературе.

Позвольте мне привести здесь один пример из личного опыта.

В июле 1955 года в Линдау (Боденское озеро) проходил ежегодный съезд лауреатов Нобелевской премии — химиков и некоторых физиков, на котором обсуждались научные проблемы. Отто Ган, Вернер Гейзенберг и я представили съезду декларацию (Майнауская декларация), составленную нами в сотрудничестве с некоторыми учёными разных стран. Этот документ отмечал опасности нынешней ситуации и требовал запрещения войны. Большинство участников сразу согласилось с ним, но некоторые сомневались. Однако в конце концов и они также согласились с нашими доводами и подписали декларацию вместе с остальными.

Точно такие же возражения делаются всюду, где война оставила тяжёлые раны, где границы передвинуты, а часть населения принуждена покинуть свой край, как, например, в Юго-Восточной Азии, Корее, Германии. Я испытал на себе, что значит быть жертвой политического преследования. Мне разрешили вернуться на родину, в ФРГ, но моя подлинная родина, Силезия, теперь часть Польши. Это мучительная потеря, но таково было веление судьбы. Пытаться силой изменить положение невозможно, так как это может привести к ещё худшим последствиям и, весьма возможно, к всеобщему уничтожению. Нам необходимо научиться ограничивать себя, нам следует ввести в обиход взаимопонимание, терпимость и желание прийти на помощь, мы должны отказаться от угроз и применения силы. Если этого не произойдёт — конец цивилизованного человека не за горами.

Думаю, что Бертран Рассел был прав: у нас есть выбор только между сосуществованием и несуществованием. Позвольте мне в заключение привести следующие его слова: «В течение бесчисленных веков Солнце вставало и садилось, Луна прибывала и убывала, звезды светили в ночи, но только с появлением Человека эти явления были понятны. В огромном мире астрономии и в малом мире атома Человек раскрыл секреты, которые считались непостижимыми. В искусстве, литературе и религии некоторые люди показали такие возможности сублимации чувств, которые делают всех людей достойными сохранения их биологического вида. Неужели всему этому должен прийти страшный банальный конец потому, что думать о Человеке, а не об интересах той или иной группы людей способны лишь немногие? Неужели род человеческий настолько беден мудростью, так не способен к бескорыстной любви, так глух даже к простейшему зову самосохранения, что последним доказательством его глупости должно стать уничтожение всякой жизни на нашей планете? И — оттого, что исчезнут не только люди, но и звери, и растения, которых никто не может обвинить в коммунизме или антикоммунизме, — я не могу поверить, что такой конец неизбежен».

Если мы все откажемся верить в это и будем действовать, такого конца не будет.

Глава 2. Человек и атом

Прежде чем перейти к сути этой темы, позвольте сказать несколько слов о себе и об атоме. Мы — атом и я — были дружны до самого последнего времени. Я видел в нём ключ к глубочайшим тайникам природы, и он открыл мне величие творения и Творца. Он дал мне возможность заниматься интересными исследованиями и преподаванием и обеспечил средствами к жизни. Но теперь он стал источником глубокой печали и опасений как для меня самого, так и для каждого человека.

Со времени уничтожения Хиросимы и Нагасаки атом стал чудовищем, угрожающим

уничтожить и нас. Мы сами вызвали духа, который какой-то миг нам верно служил, но теперь вышел из повиновения. Как это случилось? Разве нельзя было предвидеть, что созданное нами существо когда-нибудь перерастёт нас и станет опасным? Не лучше ли было не иметь с ним никакого дела? Или ещё в нашей власти приручить его и использовать в качестве слуги?

Вот те вопросы, которые я хотел бы обсудить. Это фундаментальные вопросы для рода человеческого. Я не могу на них ответить, но могу высказать некоторые положения, к которым подвёл нас сам атом, и если мы хотим его одолеть, то положения эти не должны быть забыты. Слово «атом» употребляется здесь не в смысле крохотной частицы, которая при сосредоточении в больших количествах порождает удивительные силы, а как синоним науки, которая открыла эту частицу и её кумулятивную энергию. Слово «человек» здесь означает не только разумное существо, создавшее науку об атоме и овладевшее атомной энергией, но и человека с улицы, который, ничего этого не зная, читает в своих газетах об угрозах, не понимая их сути.

Правда, это только так говорят, что атом-де стал опасен или что физики-атомники эту опасность сделали реальной. На самом же деле источник опасности — в каждом из нас, так как источник этот — слабости и пристрастия обыкновенных людей.

По этим причинам физические и технические аспекты в моём анализе будут занимать лишь небольшое место. Я буду касаться человеческих проблем как в историческом, так и в политическом планах. Однако я физик, и, размышляя об истории или политике, я не могу не воспользоваться методами, которым научила меня моя наука. Истинная наука философична; физика, в частности, не только первый шаг к технике, но и путь к глубочайшим пластам человеческой мысли. Подобно тому как триста лет назад физические и астрономические открытия развенчали средневековую схоластику и открыли путь к новой философии, сегодня мы являемся свидетелями процесса, который, начавшись, казалось бы, с незначительных физических явлений, ведёт к новой эре в философии. Это именно тот метод мышления, уходящий корнями в атомную физику, который может способствовать лучшему пониманию угроз атомного века и тем самым — их предотвращению.

Угрозы эти действительно смертельны. Сегодня род людской располагает средствами самоуничтожения: оно может произойти либо в припадке полного умопомрачения — одним внезапным ударом в глобальной схватке, или же в результате медленного отравления организма и нарушения его генетической структуры из-за небрежного обращения с атомной техникой.

Был ли такой ход развития неизбежным? Разве люди не могли бы жить достаточно хорошо и без проникновения в тайны строения вещества, что и привело к опасности самоуничтожения? Или — в более широком смысле — является ли технический прогресс, опирающийся на познание законов природы, неизбежной необходимостью, подобно закону природы?

Если это так, то какой смысл в наших усилиях направлять технический прогресс и ставить ему разумные цели? Не лучше ли смотреть на всё глазами фаталиста и жить беззаботно одним днём?

Мы должны, таким образом, рассмотреть две проблемы: во-первых, вопрос о существовании закономерностей или законов истории, поскольку научные исследования и техника суть явления исторические; во-вторых, это древняя проблема соотношения необходимости и свободы.

Прежде чем обсуждать нынешнюю ситуацию и перспективы на будущее, я предлагаю рассмотреть эти две общие проблемы с точки зрения философски мыслящего физика.

Среди историков лишь очень немногие склонны признавать, что события, описываемые в книгах по истории, обнаруживают закономерности такого рода, которые могут быть выражены в форме законов природы. Существуют хорошо известные теории Шпенглера и Тойнби, претендующие на открытие периодичности в жизни людей, народов и цивилизаций — периодичности процессов роста, созревания и увядания, подобных тем, что

наблюдаются у растений и животных. Я не могу судить, верно ли это, и здесь это не имеет значения, так как я имею в виду закономерности совсем иного типа, где мы имеем дело с большим количеством объектов, а именно статистические, или, точнее, стохастические законы. (Термин «стохастический» употребляется в настоящее время, когда система, состоящая из множества частиц, изменяет своё состояние в результате случайных воздействий и взаимодействий.)

Чтобы правильно объяснить эти закономерности, следует применить теорию вероятностей, разработанную Паскалем для лучшего понимания игр, в которых главную роль играет случай. Начав с описания азартных игр, эта математическая дисциплина по-новому осветила многие другие виды человеческой деятельности. В настоящее время она используется в страховом деле, для исследования производственных процессов, при распределении и регулировании транспортных потоков и во многих других областях. Она применяется также во многих отраслях знания, например в звёздной астрономии, генетике, эпидемиологии, учении о распределении видов растений и животных и т. д.

В физике статистические методы тесно связаны с атомистической концепцией, которая впервые возникла в химии в качестве полезной гипотезы задолго до каких-либо доказательств реального существования атомов; методы эти были впоследствии применены для объяснения свойств газов. Движение одиночного атома в газе слишком сложно, чтобы его можно было проследить в деталях; более того, оно не представляет интереса. Существует необходимость объяснить соотношения между такими наблюдаемыми величинами, как плотность, давление, температура, которые являются усреднёнными. Поэтому кинетическая теория газов была разработана с помощью статистических методов, а из этой теории выросла более общая теория статистической механики, приложимая также и к другим состояниям материи. Но теория эта отличается от всех иных приложений статистики к явлениям природы в одном существенном пункте, соответствующем слову «механика». Законы механики в той форме, в которой они были открыты Галилеем и Ньютоном, исходят из строгой причинности и детерминированности явлений. Движения атомов подчинены этим законам. Следовательно, движение атома в газе есть процесс, в котором сочетается закономерность и случайность. Физика успешно использовала сочетание этих двух особенностей при постройке замечательного здания, называемого статистической теорией теплоты.

Вернёмся теперь к исторической проблеме развития науки и техники. Здесь в некотором смысле мы имеем дело со сходной ситуацией. Рассмотрим замкнутую ассоциацию людей того типа, который существовал в течение длительных исторических периодов: общину, государство или группу наций. Действия индивида в таком обществе подчинены его волевым импульсам и в то же время подвержены влиянию среды и других индивидов. Рассматривая поведение большого количества индивидов в обществе, мы обнаружим смесь психологических и статистических закономерностей, аналогичных тем, что присущи статистической термодинамике.

Рассуждая подобным образом, мы получим следующую картину. Прогресс данной цивилизации осуществляется меньшинством человеческого коллектива, а именно теми, кто более одарён, любознателен, смел и кого не удовлетворяет существующее положение вещей. Они прокладывают путь, по которому следуют массы. Разумно предположить, что процент одарённых людей при изменениях численности населения во времени, грубо говоря, остаётся постоянным. Каждое улучшение условий жизни сопровождается ростом населения и в то же время возрастанием технических возможностей. Следовательно, в среднем темп прогресса должен быть пропорционален уровню цивилизации, существующему в данное время. Это означает, что средний рост уровня цивилизации должен следовать экспоненциальному закону. Это простой стохастический закон, которому должно подчиняться развитие любого развивающегося замкнутого общества.

Против этих рассуждений можно выдвинуть тот довод, что понятие «уровень цивилизации» слишком расплывчато, чтобы на его основе можно было высказать столь

определённое утверждение. Верно, что для древних периодов истории, по-видимому, нет возможности проверить этот постулированный закон. Но на современном этапе, представляющем особый интерес, были проведены исследования, которые полностью подтверждают указанный экспоненциальный закон. Я упомяну только те из них, которые случайно стали мне известны благодаря Дереку Дж. де Солла Прайсу, профессору истории науки Йельского университета. Он нашёл методы, позволяющие оценивать уровень развития науки и техники, например, путём подсчёта числа научных публикаций в год, или числа лиц данной профессии, или числа занятых в торговле, в промышленности и т. п. Он обнаружил экспоненциальный закон, которому указанные величины следуют с удивительной точностью (до 1%) и с тем же удивительным темпом, соответствующим удвоению этих величин за каждые 10—15 лет. Первые факты, на которых основываются эти результаты, датируются приблизительно 1700 годом, который является началом современной научной эпохи. В то же время наблюдения демонстрируют также пределы справедливости экспоненциального закона: он нарушается такими возмущениями внешнего характера, как войны 1914—1918 годов и 1939—1945 годов, которые вызвали отчётливое отклонение от экспоненциальной зависимости, представленной, например, числом публикаций по физике (взятым по журналу «Physical Abstracts»). Но более важными, чем эти очевидные возмущения, являются отклонения другого рода. Если рассматриваемые объекты относятся к большому, но конечному классу, например классу школьных учителей в данном обществе, то экспоненциальный рост может иметь место лишь постольку, поскольку число этих объектов является довольно небольшой долей всего класса. Если эта доля становится слишком большой, то экспоненциальная группа превращается в менее быстро растущую группу (например, по линейному закону) либо рост её вовсе прекращается. Возникают затем контрреакции, среди которых, конечно, не последнюю роль играет воля человека, направляемая здравым смыслом (например, условие, согласно которому не всем гражданам разрешается стать учителями).

Я склонен думать, что эти специальные исследования, хотя и ограниченные в объёме, дают представление о развитии цивилизации в целом. Однако, делая такое обобщение, следует принять во внимание тот факт, что человечество состоит из многочисленных групп некогда полностью независимых стран, которые всё ещё ведут себя так, будто они независимы, но которые ссорились, воевали и уничтожали друг друга. Эти процессы, которые, с моей нынешней точки зрения (макроисторической), проявляются как возмущения, подлежат изучению методами обычной истории (микроистории). Процессы эти замедляли научный и технический прогресс, и часто на длительные периоды, но им не удалось остановить его. Нет сомнения, что это утверждение справедливо для того длительного, чрезвычайно длительного периода, известного под именем «предысторического», в течение которого полуживотное, обезьяноподобное существо развилось в цивилизованного человека, с его языком, письменностью, земледелием, скотоводством, инструментами, оружием, домами, деревнями, городами и т. п. Когда мы обращаемся к периоду, охватываемому письменной историей, мы слышим больше о войнах, разрушениях и катастрофах, потому что эти явления поражают и возбуждают нас больше, чем нормальное развитие. Но рост уровня цивилизации, усреднённый по всем странам мира, отрицать невозможно. Начиная с 1700 года он становится чрезвычайно быстрым процессом. Наконец, он привёл к открытию атомных сил и ядерной энергии и, таким образом, к современному кризису в жизни человечества.

Я полагаю поэтому, что на вопрос, можно ли было избежать этого кризиса, следует ответить определённым «нет». Краткий обзор истории науки об атоме подтверждает это заключение.

Начало науки об атоме было положено около 600 лет до н. э. греческими философами Фалесом, Анаксимандром и Анаксименом, которые впервые стали размышлять о природе, движимые живым любопытством и стремлением к чистому знанию, без непосредственной практической цели. Атомисты Левкипп и Демокрит постулировали существование законов

природы и стремились свести разнообразие различных субстанций к конфигурации и движению невидимых, неизменяемых, неделимых частиц, называемых атомами.

Эта захватывающе прекрасная и вдохновляющая идея о коренных свойствах вещества в течение длительного времени была предана забвению, так как не было никаких средств для её доказательств. Ещё даже не родилась и не созрела идея о том, что теоретические построения могут быть подтверждены системой опытов.

В это направление мысли большой вклад внесли сами греки. И мы обязаны им не только тем, что они заложили основы абстрактной математики, но и её первым применением к описанию природы в форме статики твёрдых тел и жидкостей и птолемеевой системы небесных тел.

Греческая цивилизация была уничтожена вторжением извне. Но научные традиции греков восприняли и сохранили арабы. Они передали их народам Европы, которые с XVI века стали лидерами в науке. Не следует забывать, однако, что периоды расцвета науки были также в Китае и Индии.

Тем не менее попытки удушить знание делались весьма часто. Римская католическая церковь сожгла Джордано Бруно и осудила Галилео Галилея. В наше время при Гитлере мы слышали призывы об искоренении «еврейской физики», которые привели к высылке многих из Германии и последовавшему резкому снижению уровня германской физики. В некоторых странах пытались отрицать законы современной генетики и преследовать их сторонников, но в конце концов истина была восстановлена.

Вернёмся теперь к идее об атомной структуре вещества — она снова появилась в химии (помимо некоторых примитивных попыток, сделанных в кинетической теории газов) в начале XIX века благодаря трудам Джона Дальтона.

Несколько позднее эта идея перешла в физику — вначале в форме определённых формулировок кинетической теории газов. С этих пор мы можем проследить прямой путь её развития вплоть до ядерной физики сегодняшнего дня. Наиболее важным пунктом, достигнутым на этом пути, было открытие того факта, что атом не имеет права на своё название, означающее «неделимый», так как он состоит из более мелких элементарных частиц. Я могу лишь очень кратко коснуться того, как это случилось. Путь к этому проложили открытие X-лучей Рентгеном и открытие радиоактивности Беккерелем. Почти в то же самое время, в середине 90-х годов прошлого века, Дж. Дж. Томсон открывает электрон, а примерно пятнадцать лет спустя Резерфорд доказывает существование атомного ядра. Последующий период был посвящён главным образом исследованию расположения и движения электронов, окружающих ядро, подобно отрицательно заряженному облаку. Выяснилось, что классическая механика не способна объяснить такие структуры. Её должна была сменить квантовая механика, о которой я ещё скажу ниже несколько слов. Наконец, было предпринято исследование самого атомного ядра. В результате подтвердился взгляд древних греков о существовании «первоначальных» частиц. Сегодня мы называем их нуклонами и различаем два вида их — протоны и нейтроны — в соответствии с тем, заряжены они или нет. Ядро атома состоит из нуклонов, число положительно заряженных протонов определяет заряд ядра и тем самым число отрицательных электронов во внешнем облаке, необходимых для того, чтобы атом был электрически нейтрален; химическая природа атома зависит только от числа электронов. Но ядро с данным числом протонов может также содержать различное число нейтронов, следовательно, существуют атомы, которые химически идентичны, но обладают разными массами, — они называются изотопами.

В 1938 году Ган и Штрассман обнаружили, что когда изотоп урана поглощает нейтрон, он становится неустойчивым и расщепляется на две части почти одинаковых размеров. Более детальное исследование этого процесса «деления» вскрыло, что одновременно испускаются несколько нейтронов, и, если они сталкиваются с другим ядром урана, возникает цепная реакция, которая освобождает огромное количество энергии.

В 1942 году группе физиков в Чикаго под руководством Энрико Ферми удалось

построить реактор, в котором этот процесс стал управляемым.

Здесь я позволю себе немного дать волю воображению и спросить вас: «Каков был бы дальнейший ход события, если бы в то время не было войны?» Я склонен думать, что всё происходило бы в общих чертах так же, хотя и несколько более медленно. Первый реактор мог быть построен где-нибудь в цивилизованном мире пятью или десятью годами позже. Политические и военные руководители, конечно, были бы потрясены. Но трудности и расходы, связанные с созданием атомной бомбы, столь грандиозны, что едва ли удалось бы достичь чего-нибудь без непосредственного воздействия войны. Западные парламентарии колебались бы, следует ли выделять колоссальные суммы на проекты, реальность которых могла быть доказана лишь на бумаге. Возможно, нашлось бы время рассмотреть последствия всего этого и предпринять попытки к заключению международного соглашения с целью предотвратить угрозу атомной войны.

Но ничего подобного не случилось. Процесс был ускорен благодаря исторической случайности, подобно химической реакции в присутствии катализатора. Случайность эта заключалась в том, что открытие деления ядра было сделано в Германии в начальный период нацистского режима.

Вынужденный покинуть Германию подобно многим другим, я был свидетелем ужаса, который охватил остальной мир, когда первые успехи Гитлера сделали вероятным допущение, что он может подчинить себе все народы мира. Если бы Германия оказалась способной построить атомную бомбу раньше других стран, спасения бы не было. Даже Эйнштейн, бывший всегда пацифистом, по настоянию своих коллег предупредил об опасности президента Рузвельта. Это послужило началом потрясающих событий. Были мобилизованы колоссальные средства, была создана гигантская организация, и лучшие умы научного и технического мира приступили к работе. Плодом её был первый взрыв атомной бомбы на испытательном полигоне в Аламогордо в Соединённых Штатах (июль 1945 г.).

До этого момента в политическом плане всё шло вполне «нормально»: политики и солдаты выполняли свой долг; физики, химики и инженеры несли свою патриотическую службу там, где они были более всего полезны; для исследований новой захватывающей области науки им были предоставлены неограниченные средства, а по общественной лестнице они были возведены в ранг лиц особой важности — VIP[20].

Трагическим поворотом событий было решение применить новое оружие, сбросив две бомбы на густонаселённые города Японии. На ком лежит ответственность за это решение? Президент Трумэн отдал приказ, выслушав предварительно множество советников. Среди них были не только политические и военные деятели, но и выдающиеся учёные. Действительно, группа учёных-атомников в своём докладе предупредила министра обороны и правильно предсказала последствия этого шага; доклад подписал председатель комитета Джеймс Франк, мой старый друг и коллега по Гёттингену далёкого мирного времени[21]. Но другая группа выдающихся физиков одобрила сбрасывание атомных бомб.

Я употребил слово «ответственность», а не «вина». Ибо кто может осмелиться судить людей, которые, неся бремя войны, честно отдавали все свои силы и знания? В качестве оправдания этого решения обычно выдвигается тот довод, что оно ускорило окончание войны и спасло жизнь сотням тысяч солдат, не только американских, но и японских. Мы избегаем упоминать сотни тысяч японских мирных граждан — мужчин, женщин и детей, которые были принесены в жертву. Или если о них упоминают, то говорят, что их уничтожение существенно не отличалось от того, что происходило при обычных воздушных нападениях. И действительно, этого нельзя отрицать. Но можно ли оправдывать большое преступление утверждением, что мы привыкли совершать множество мелких преступлений?

Я не побоюсь применить слово «преступление», но преступником не назову ни одного человека. Здесь мы имеем дело с коллективной виной, с падением нашего нравственного сознания, за что всех нас можно обвинить, включая и меня, хотя я и не имел отношения к разработкам в области ядерной физики. Некоторые из моих коллег в различных странах согласятся со мной, но ещё большее число будут мне резко возражать и скажут: «Это

сентиментальная чушь!» Или: «Вы должны служить своей стране, а не задавать вопросы». Или: «Вы сами убедились, что всё это было результатом необходимого развития, поэтому избавьте нас от вашего негодования».

Последнее возражение серьёзно: можно ли говорить о вине и коллективном преступлении, если вы признали неизбежность процесса превращения дикаря с его луком и стрелой в лётчика, вооружённого атомной бомбой?

Было бы безнадежно обращаться к учёному, находящемуся в плену вульгарно-материалистических представлений, с доводами этического или теологического характера. Но есть метод рассуждений, принципиально основанный на явлениях, связанных с самим атомом. Я уже говорил, что атомная физика учит нас не только тайнам материального мира, но и новому методу мышления. Она преподавала нам урок эпистемологии, который при правильном толковании становится философией, доктриной жизни. Я хочу здесь кратко очертить то, что я под этим подразумеваю.

Вернёмся теперь от мировой арены к исследованиям, проводимым в лаборатории учёного. Я уже говорил о том, как классическая физика была преобразована под воздействием атомистики. Чтобы правильно объяснить поведение газов и других систем, состоящих из множества атомов, первоначальные жёсткие каузальные законы механики Ньютона надлежало дополнить вероятностным подходом. С этой целью была разработана статистическая механика и кинетическая теория теплоты. Однако все ещё думали, что частицы, если бы только их движение можно было наблюдать в деталях, должны подчиняться тем же законам механики, что и планеты, положение которых может быть предсказано на тысячи лет вперёд. Но по мере того как продвигались исследования строения одиночного атома, становилось ясным, что электроны «в облаке», окружающем ядро, не подчиняются классическим законам механики. Первый намёк на то, что мы натолкнулись на нечто совершенно новое, был дан квантовой гипотезой Планка в 1900 году. В последовавшие двадцать пять лет была создана современная квантовая механика, которая внесла в хаос атомных явлений порядок и смысл. Я не могу входить здесь в подробности этой теории, но хотел бы подчеркнуть только один момент: суждения в новой механике носят в принципе только вероятностный характер. Новая механика не даёт ответа на вопрос: «Где находится частица в данный момент времени?», но отвечает лишь на вопрос: «Какова вероятность того, что частица в данный момент находится в определённом месте?» Новая теория, таким образом, менее категорична в своих предсказаниях и в некотором смысле более скромна, чем старая теория. Это изменение в подходе было обусловлено признанием того, что каждое наблюдение сопровождается вмешательством и приводит к возмущению состояния наблюдаемого объекта. Поэтому получение данных, которые в классической механике используются для предсказания траектории движения, здесь задача принципиально недостижимая: сами законы природы запрещают это. В этом ограничении измеримости физических величин — суть хорошо известного соотношения неопределённостей Гейзенберга. Более того, мы научились описывать один и тот же процесс с помощью совершенно различных образов или понятий, не впадая при этом в противоречия.

Излучение — например, луч света или электронный луч в катодно-лучевой трубке — может быть описано либо в волновой, либо в корпускулярной трактовке как последовательность волн или как поток корпускул соответственно. Совместимость этих, казалось бы, противоречивых описаний обеспечивается тем фактом, что каждое из них покоится на одной строго корректной математической теории. Для объяснения этой ситуации великий датский физик Нильс Бор ввёл понятие «дополнительность». Оно применимо к двум различным аспектам одной и той же физической ситуации, из которых каждый полезен для её интуитивного понимания. Однако во всем своём многообразии процесс может быть понят только с помощью математической теории.

Бор обобщил этот эпистемологический урок природы в принципе дополнительности. Существует много областей человеческой мысли, где один и тот же факт можно

рассматривать в различных, но взаимно дополняющих аспектах. Например, в биологии физико-химические методы применяются для исследования живых организмов, но ни один биолог не откажется от описания процессов жизни на совсем ином языке, который оперирует такими понятиями, как цель, порядок, эволюция.

Обе формы описания могут быть использованы одновременно, если учитывать границы их применимости: чем глубже ведётся физико-химический анализ биологического процесса, тем больше возмущений вносится в этот процесс, а это означает, что механизм жизни не может быть полностью воссоздан, так как процесс исследования уничтожил бы саму жизнь.

Наиболее смелым приложением идеи дополнительности является решение Бором древней проблемы необходимости и свободы. Мы верим в законы природы и надеемся, что они действительно в повседневной жизни. Но мы, люди, являемся частью природы и подчинены её законам. Поэтому наши действия должны быть предопределены в той же мере, как и любой естественный процесс. Однако мы считаем себя существами, способными формировать мнения и действовать на основе свободных решений, поэтому мы судим о человеческих действиях, называя их хорошими или плохими, справедливыми или несправедливыми. Как же мы можем так поступать, если каждое человеческое действие есть ни что иное, как часть предопределённого автоматического процесса? Противоречие представляется неразрешимым. Казалось бы, существуют только две возможности: либо надлежит верить в детерминированность и считать свободную волю субъективной иллюзией, либо стать мистиком и считать открытие законов природы бессмысленной интеллектуальной игрой. Метафизики старых школ прокламировали ту или иную доктрину, но обыкновенные люди всегда принимали двойственную природу мира. Боровская идея дополнительности есть оправдание поведения обыкновенного человека, поскольку она сосредоточивает внимание на том факте, что даже такая точная наука, как физика, была вынуждена использовать взаимно дополняющие (комплементарные) описания, которые дают верный образ мира только в том случае, если они сочетаются.

Я убеждён, что Бор прав, и поэтому не боюсь признать, что некоторые стороны человеческой истории управляются законами, и в то же время говорю об ответственности и вине.

С этим физико-философским отступлением я возвращусь теперь к тем современным событиям, которые произошли в результате столкновения атомной науки и политики.

В годы, последовавшие за первым атомным взрывом, союз, направленный против Гитлера, распался и между двумя группами стран, обычно называемыми Востоком и Западом, началась холодная война.

Насколько мало суть научного знания проникла в сознание людей, показал период, последовавший сразу после конца войны. Многие американские политические деятели верили, что техническое преимущество Запада может быть сохранено в условиях секретности. В результате этого в странах Запада стали чиниться препятствия развитию собственных исследований, а начавшаяся «охота на ведьм» поставила под угрозу гражданские свободы, завоёванные народами этих стран. Ничто не могло помешать Советскому Союзу воссоздать уже известное явление природы и использовать его технически. Взрыв первой советской урановой бомбы в 1949 году положил конец американской монополии, а когда началась разработка водородной бомбы, русские поравнялись с Западом.

Водородная бомба основана на совсем ином ядерном процессе по сравнению с тем, который используется в урановой бомбе, так как вместо деления тяжёлого ядра здесь используется слияние лёгких ядер: ядро гелия образуется из двух протонов и двух нейтронов. Хорошо известно, что эта реакция служит источником энергии звёзд, которую они излучают в пространство. Именно этот процесс заставляет Солнце светить и таким образом делает возможной жизнь на Земле. В центральных областях звёзд температура и давление так велики, что процесс слияния ядер протекает в виде цепочки промежуточных

реакций. Подобные температуры и давления могут быть теперь созданы на Земле путём использования для «поджига» урановой бомбы, — в результате появилось так называемое термоядерное взрывное устройство. Энергия, высвобождаемая при таком взрыве, может быть в тысячу раз больше, нежели в случае урановой бомбы, и при этом открывается возможность изготовлять бомбы любых размеров и сравнительно дёшево. Водородная бомба — это совершенно дьявольское изобретение, и её производству в Соединённых Штатах вначале оказывалось сопротивление. Человек, руководивший созданием урановой бомбы, Роберт Оппенгеймер, пытался не допустить изготовления водородной бомбы, но безуспешно. Он был исключён из Комиссии по атомной энергии правительства США. Главным инициатором создания водородной бомбы был Эдвард Теллер, который не только разработал её теорию, но и ратовал за её производство. Как он вписал своё имя в книгу мировой истории — к позору своему или чести, — покажет будущее. Аргументация Теллера, конечно, такова: если мы не сделаем эту бомбу, её сделают русские. Действительно, в Советском Союзе спустя некоторое время была взорвана первая водородная бомба. Оба они, Оппенгеймер и Теллер, а также Ферми и другие участники этой работы, включая нескольких русских физиков, были когда-то моими сотрудниками по Гёттингену задолго до этих событий, ещё в те времена, когда существовала чистая наука. Приятно сознавать, что у тебя были такие одарённые и деятельные ученики, но мне бы хотелось, чтобы они проявили меньше одарённости и больше мудрости. Я чувствую, что заслуживаю порицания, если всё, чему они у меня научились, — это лишь методы исследования, и ничего больше. Теперь их одарённость повергла мир в отчаянное положение.

Оба лагеря, Восток и Запад, имеют достаточно бомб, чтобы при помощи самолётов и ракет уничтожить все большие города и промышленные центры противника. Я не стану соревноваться с литераторами и журналистами в описании ужасов атомной войны. Но необходимо напомнить, что неограниченное применение атомного оружия привело бы не только к уничтожению намеченных целей, но и к радиоактивному отравлению атмосферы, которое распространится по всей планете. Даже немногие экспериментальные бомбы, которые были взорваны для «исследовательских» целей в отдалённых уголках земного шара, значительно повысили уровень радиоактивности атмосферы. И если атомная война разразится, то мало что останется от нашей цивилизации. Всё, что уцелеет под бомбами, погибнет мучительной смертью от лучевой болезни: друзья и враги, воюющие и нейтралы, животный и растительный мир.

Ведущие государственные деятели мощных атомных держав имеют обыкновение заявлять, что мировая война стала невозможной. Но ни их собственные министерства иностранных дел, ни правительства меньших государств не слишком обращают внимание па эти декларации. Старая дипломатическая игра — торг и споры из-за больших преимуществ — продолжается, как будто бы ничего не случилось. Нежелание великих держав быть вовлечёнными в серьёзный конфликт используется малыми странами для шантажа. Восток и Запад вооружаются атомным оружием, так как не доверяют друг другу и находятся под влиянием иллюзии, что они могут повысить свою безопасность путём запугивания. Слова «война» избегают, но военные действия ведутся, законы международного права нарушаются, под разными предлогами применяется грубая сила.

Непрерывно ведутся чудовищно дорогие приготовления к войне, не допустимые ни при каких обстоятельствах. Такова безумная ситуация, в которой мы пребываем. Кажется, будто цивилизация осуждена на уничтожение по причинам, скрытым в её собственной структуре. Литература и философия нашего времени отражают эту ситуацию: я имею в виду романы Олдоса Хаксли и Джорджа Оруэлла, а также труды философов-экзистенциалистов.

Несомненно, что человечество находится в состоянии глубокого кризиса. В настоящее время только один страх вынуждает людей сохранять мир. Однако такое положение неустойчиво и должно быть заменено чем-либо лучшим.

Нет необходимости искать где-то далеко принцип, который мог бы стать более прочной основой для устройства наших дел. С этим общим для всех великих религий принципом согласны все философы-моралисты; в нашей части мира этот принцип содержится в христианской доктрине, Мохандасу Ганди удалось воплотить его в жизнь.

Пятьдесят лет назад, когда я был молод, нижеследующее утверждение считалось бы утопическим или глупым. Сегодня я могу его высказать, не вызывая сомнения, в здравом ли я уме. Весьма вероятно, что завтра не пацифисты, а те, кто призывает к войне, будут считаться идиотами, так как опыт последних пятидесяти лет оказал на людские умы необратимое действие. Но я чувствую, что мне не под силу проанализировать и обсудить эту огромную проблему во всех её аспектах. Что мог бы я добавить к словам великих поэтов и пророков нашего времени? Я имею в виду обращение Альберта Швейцера при получении им Нобелевской премии мира; декларацию, опубликованную незадолго до смерти Альбертом Эйнштейном совместно с Бертраном Расселом и другими учёными многих стран; обращение, подписанное пятьюдесятью другими лауреатами Нобелевской премии в Майнау, и много других аналогичных документов. Сегодня эти голоса больше не остаются неслышанными, так как человек с улицы и, возможно, некоторые люди, обладающие властью в нашем мире, к ним прислушиваются.

Я не закрываю глаза на трудности современной политики: конфликты интересов и столкновения идеологий, рас и религий. Но когда в человеческой истории такие проблемы были решены путём войны? Обычно одна война влекла за собой следующую. Существует ли какая-либо политическая цель, которая оправдывала бы риск атомной войны? Есть множество политических деятелей и журналистов, которые на предупреждения экспертов отвечают ходовыми словечками вроде «атомная истерия» или «бомбовый пессимизм». Такие политики и журналисты либо близоруки, либо являются фанатиками и по этой причине носителями зла, либо они представляют одну из многочисленных групп людей, которой выгодно (или кажется выгодным) планировать или даже вести войны. Это промышленники, которые наживаются на производстве оружия; солдаты, которым по душе военная жизнь с её романтикой и которые предпочитают слепое подчинение личной ответственности; офицеры, генералы, адмиралы, маршалы авиации, чьей профессией является подготовка и ведение войны, и, наконец, физики, химики и инженеры, создавшие новые виды оружия. Стабилизировать современное состояние неустойчивого мира, основанного на страхе, невозможно, если не дать этим людям иных целей в жизни.

Общего рецепта для этого не существует. Однако я могу сказать несколько слов о физиках, чей духовный мир мне знаком. Не думаю, чтобы среди них нашёлся хотя бы один, которого можно было сравнить с Геростратом, поджёгшим храм Дианы, чтобы таким способом приобрести бессмертную славу. Среди некоторых физиков, создававших новое оружие, честолюбие определённо было одним из мотивов их действий. Никто из них, конечно, не стремился к разрушению ради славы, но они хотели внести свой вклад в защиту своей страны и её идеологии. Физики не таинственные злодеи, как их порой изображают и популярной литературе, а обыкновенные люди, одарённые особым талантом. Их этика ни в коей мере не зависит от их науки. Они считают добром то, что полезно их стране, так же как и все другие граждане. Но в то же время они глубоко сознают значение своей особой миссии, и это приводит меня к вопросу высшей важности, которого я до сих пор не касался.

Открытие ядерной энергии — это не только опасность и угроза существованию человечества, но также и орудие глубокого проникновения в тайны природы и тем самым орудие технического прогресса. В этом открытии поистине, без преувеличений, спасение человеческой цивилизации от другой страшной опасности, а именно от истощения запасов топлива — угля и нефти.

Атомные реакторы производят не только взрывчатые вещества, но и два других предмета величайшего значения: радиоактивные изотопы и энергию.

Рассмотрение радиоактивных изотопов выходит за пределы данного очерка, поэтому я скажу о них лишь несколько слов. Насколько я знаю, существуют четыре важные области

применения радиоактивных изотопов: а) в качестве естественных часов в геологической, космологической и археологической хронологии; б) в качестве весьма чувствительных индикаторов или «трассировщиков», показывающих присутствие или движение различных веществ в физических, химических, металлургических и физиологических процессах; в) как средство ускорения мутаций и тем самым создания новых видов организмов для теоретических исследований в генетике и практического применения в сельском хозяйстве; г) как мощное средство в медицинской диагностике и терапии, и в частности при лечении рака.

Каждая из этих областей была революционизирована благодаря применению изотопных методов; здесь уже многое достигнуто, но можно ожидать гораздо большего. Впрочем, всё это имеет лишь косвенное отношение к моей теме. Проблема же производства энергии имеет к ней прямое отношение. Наша цивилизация целиком зиждется на эксплуатации ископаемого топлива — угля и нефти — и в небольшой степени водной энергии. Эти виды топлива всё ещё производятся или, точнее, добываются в достаточных количествах из имеющихся ограниченных запасов. Но приближается день, когда, как я показал выше, их добыча не будет удовлетворять наши потребности.

Потребности в энергии, так же как и в продовольствии, должны были бы расти по меньшей мере в темпе роста населения, на самом же деле они растут гораздо быстрее, так как по уровню жизни народы, проживающие на обширных территориях, в основном в Азии и Африке, далеко отстали от более развитых стран, но стремятся их догнать.

Поскольку суммарные запасы топлива ограничены, не надо быть большим пророком, чтобы предсказать приближение топливного кризиса, с которым столкнётся цивилизованный человек.

Как должна быть решена проблема снабжения продовольствием, вероятно, не известно даже экспертам в области питания, но что касается проблемы снабжения энергией, то открытие методов освобождения ядерной энергии явилось как раз вовремя, чтобы предотвратить катастрофу. Запасов урана и тория хватит на много поколений, даже если потребность в энергии в развивающихся странах возрастёт до уровня потребностей европейцев, американцев и австралийцев. Громадные усилия направлены также на решение проблемы получения управляемой реакции слияния атомов водорода; сырьё для такого процесса имеется в неограниченных количествах. Возникающие при этом технические трудности, такие, например, как удаление побочных радиоактивных продуктов, велики, но, по-видимому, преодолимы.

Физики-атомники осознают, что ответственность за это открытие возложена на них, что без него наша цивилизация зачахла бы от нехватки энергии; и они самозабвенно работают, чтобы решить научные, технические, экономические и социальные проблемы, связанные с открытием нового источника энергии. Но эти специальные проблемы выходят за рамки моей темы, посвящённой тому, как человечество в целом реагирует на сложившуюся ситуацию.

Ситуация эта такова, словно судьба подвергает людей испытанию, говоря им: вы хотите жить, размножаться и улучшать условия жизни вашей — я даю вам ключ к будущему, но при одном условии: вы должны отказаться от ссор, подозрений и грубой силы. Если вы этого условия не примете, проклятие падёт на вас,

Внемлют ли люди этому предупреждению? Есть признаки, что внемлют. Начать с того, что среди людей моей профессии растёт чувство социальной ответственности. В США и Великобритании образовались общества, которые выступают против использования науки в военных целях. Ведутся работы в области мирного применения ядерной физики на основании международного сотрудничества. В 1955 году в Женеве была проведена представительная конференция, посвящённая этим целям, а в 1956 году официальные представители многих стран собрались в Нью-Йорке для того, чтобы заложить основы международной организации. Я хотел бы привести несколько слов из прекрасного обращения Нильса Бора к этой конференции: «Вся трудность в оценке традиций других

стран на основе традиции своей собственной страны состоит в том, что для этого необходимо рассматривать взаимоотношения между культурами в значительной мере как взаимодополнительные». Свободное признание различий и замена враждебности между народами чувством, позволяющим осознать, что они дополняют друг друга, — вот путь примирения между странами, который великий мыслитель поставил на обсуждение перед форумом учёных, собравшихся со всех частей земного шара.

Люди, исповедующие христианство, не нуждаются в таких абстрактных формулировках. Для этого было бы достаточно со всей серьёзностью отнестись к учению Христа и измерять добро и зло не национальной, а общечеловеческой мерой. Никогда в истории это требование не было столь настоятельным, никогда кара за отказ выполнять его не была так очевидна.

Эти соображения, естественно, привели к мощному движению за запрещение ядерного оружия на основе международного соглашения. Откровенно говоря, от него я многого не жду. Ибо если война между большими державами разразится и вначале будет вестись обычным оружием с нарастающим напряжением, нельзя гарантировать, что ни одна страна не прибегнет к применению любого оружия, которое она сочтёт нужным использовать для своего спасения. И в действительности военные лидеры в Соединённых Штатах заявили, что они не стали бы ждать чрезвычайных обстоятельств и в случае нападения нанесли бы по потенциальному противнику ядерный удар. Я убеждён, что единственный путь избежать всеобщего уничтожения заключается во взаимном отказе от применения силы в политических конфликтах в сочетании с нарастающим разоружением. Вместо пропаганды за запрещение атомного оружия я рекомендовал бы развернуть мощную кампанию, призванную разъяснить людям суть тотальной войны.

Идеализированное представление о герое, который сражается и умирает за Родину, жену и своего ребёнка, устарело. Весьма вероятно, что его жена и ребёнок станут жертвой атомной бомбы гораздо раньше солдата, лучше защищённого в окопе или танке, а его Родина, спасённая от захвата, станет похожей на лунный ландшафт.

Каким же был бы мир, если допустить, что великие державы сумеют избежать войны — вначале из страха, а затем по более достойным мотивам, если допустить, что они запретят или по крайней мере ограничат вооружённые конфликты между меньшими странами?

Едва ли этот мир будет уютным земным раем, о котором я, подобно многим другим, часто мечтал. Если бы даже организованное и индустриализированное массовое убийство людей было прекращено, конфликты не прекращались бы в силу железных законов природы, которым подчинены все живые существа. Наука и техника будут быстро и беспрепятственно развиваться по экспоненциальному закону до тех пор, пока не наступит насыщение. Но это отнюдь не означает увеличения богатства и в ещё меньшей мере суммы счастья, поскольку количество людей растёт в том же темпе, а вместе с этим и их потребности в пище и энергии. Здесь технические проблемы атомной энергии приходят в соприкосновение с социальными проблемами такого рода, как регулирование рождаемости и справедливое распределение благ. Решение этих проблем будет происходить в жестокой борьбе если не с помощью смертоносного оружия, то с помощью цивилизованного оружия разума. Если даже призрак атомной бомбы будет успешно изгнан, призрак экспоненциального роста не позволит нам достичь полной беззаботной и мирной жизни. И где-то на заднем плане — в качестве возможного наказания за рецидивы политического варварства — всегда будет таиться опасность самоуничтожения при помощи внезапно спущенной с цепи ядерной энергии.

Мы с ужасом уже наблюдали такого рода рецидивы. Однажды мы были спасены благодаря воздействию мирового общественного мнения: общественное мнение — это мы с вами. И чтобы оно стало ещё более могучим, каждый из нас ежедневно должен вносить в него свой личный вклад.

Глава 3. Европа и наука

Оценить с позиций учёного роль Европы в развития науки — нелёгкая задача, так как наука по своей природе интернациональна. Единственный путь, который мне кажется здесь приемлемым, состоит в том, чтобы очертить не столько физику или историю физики (которые в основном связаны с Европой), а всемирную историю (и место, которое занимает в ней Европа) в том виде, как она представляется физику. Я воспользуюсь методом, принёсшим нам, физикам, дурную славу, однако позволившим, вне всякого сомнения, добиться исключительных успехов в науке. Метод этот — мысленное упрощение, при котором рассматривается какая-нибудь одна из сторон исследуемого процесса. На многокрасочную картину истории я взгляну через цветные стекла, что даст мне возможность увидеть исторический процесс лишь в одном, однако фундаментально важном аспекте. При таком подходе наблюдаемая картина теряет в богатстве оттенков, но зато выигрывает в ясности.

Взглянем на Европу с точки зрения технической эволюции. Мне кажется вполне законным считать, что одним из решающих факторов истории является тот вид энергии, которым человечество располагает в данный момент. В этом свете вся история человечества распадается на два — и только два — великих периода: первый — от Адама до наших дней, и второй — отныне и на все будущие времена. Переход от первого периода ко второму знаменуется окончанием потребления солнечной энергии и началом использования чисто земных источников энергии.

Я считаю этот переход — он происходит сегодня на наших глазах — событием огромной важности, которое не идёт ни в какое сравнение с любым предшествующим событием.

Вся энергия на Земле в конечном счёте является производной энергии, выделяемой во время процессов, происходящих в атомных ядрах. Вся жизнь на Земле поддерживается излучением, поступающим с поверхности Солнца, а это излучение в свою очередь вызывается энергией, освобождаемой в результате ядерных процессов, происходящих внутри Солнца.

До недавних пор человек не располагал никакой иной энергией, кроме той, что поступает от Солнца в виде солнечного излучения и накапливается либо в атмосфере, либо в растениях. Таким был первый период истории, если на неё смотреть глазами энергетика. Этот период в свою очередь подразделяется на три чётко ограниченные эпохи: 1) от начала истории человечества до изобретения огнестрельного оружия; 2) от появления огнестрельного оружия до изобретения паровой машины и 3) от изобретения паровой машины до сооружения первого ядерного реактора в роковом 1942 году.

Мне хотелось бы очень кратко охарактеризовать физическую сторону вопроса. Все знают, что материя состоит из атомов. Диаметр атома составляет одну десятиллионную часть миллиметра. По-гречески «атом» означает «неделимый», однако реальные атомы носят это название незаслуженно, поскольку их нельзя считать неделимыми. Атом состоит из чрезвычайно малого положительно заряженного ядра, окружённого облаком отрицательно заряженных электронов. Число этих электронов таково, что атом в целом оказывается электрически нейтральным. Масса электрона в 1800 раз меньше массы самого лёгкого ядра — ядра атома водорода. Это ядро называют протоном, и его заряд отличается от заряда электрона только знаком. Ядра других атомов состоят из плотно упакованных протонов и нейтронов; последние представляют собой незаряженные частицы, масса которых почти не отличается от массы протона. Протоны и нейтроны в совокупности теперь принято называть нуклонами. Ядра, содержащие определённое число протонов, должны быть окружены таким же числом электронов независимо от количества находящихся в них нейтронов. Такие атомы, хотя они и отличаются по массе, в химическом отношении идентичны. Все атомы с одинаковым числом протонов в ядре называются изотопами. Химический элемент, как правило, представляет собой смесь из нескольких изотопов.

Все физические и химические свойства материи определяются процессами,

происходящими в электронных оболочках атомов; в то же время радиоактивные процессы — как естественные, так и искусственные — протекают в ядрах. Ядро защищено от внешней среды электронной оболочкой; лишь недавно физикам впервые удалось проникнуть внутрь атомного ядра. Линейные размеры электронных оболочек примерно в 10^4 раз больше линейных размеров ядер. Энергия, накапливаемая при образовании атома из электронов и ядер, напротив, значительно меньше (в сотни тысяч или даже в миллион раз), чем энергия, накапливаемая при образовании ядер из нуклонов.

Меня часто спрашивают: «Почему мельчайшие частицы обладают наибольшей энергией?» Подробный анализ этой зависимости завёл бы нас слишком далеко. Здесь, вероятно, уместно сослаться на хорошо известный закон тяготения Ньютона, который гласит, что две массы (например, Солнце и планета) притягивают друг друга с силой, величина которой обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Работа, требующаяся для того, чтобы развести два взаимно притягивающихся тела на такое расстояние; при котором сила притяжения между ними будет пренебрежимо мала, называется «энергией связи» этих тел. Следствием закона Ньютона является то, что энергия связи двух массивных тел обратно пропорциональна расстоянию между ними. Если бы Землю удалось переместить на орбиту, диаметр которой был бы вдвое меньше нынешнего, то энергия связи Земли с Солнцем была бы вдвое больше теперешней.

Закон Кулона говорит то же самое по поводу электрических сил, которые действуют между заряженными частицами независимо от того, являются ли они силами притяжения или отталкивания. Поскольку и протоны и электроны являются заряженными частицами, сразу же становится ясно, что вклад электрических сил в общую энергию протонов, тесно упакованных в ядре атома, должен быть во много раз больше энергии связи электронов, которые удалены друг от друга и от ядра на значительно большее расстояние.

Это, однако, ещё не всё. Поскольку все протоны заряжены положительно, они взаимно отталкиваются. Поэтому, для того чтобы структура, подобная ядру, вообще могла существовать, должны действовать и силы иного рода, вызывающие взаимное притяжение всех нуклонов. Радиус действия этих сил должен быть очень невелик.

Одна из сторон в открытии этих сил имеет касательство к Европе. Эксперимент, позволивший раскрыть структуру атома, является заслугой Европы и Америки. Теоретическое истолкование этой структуры (сведение данных эксперимента к простейшим фундаментальным законам) можно почти целиком считать европейским достижением. Совершенно невозможно перечислить имена тех, кто внёс вклад в это дело, не обращаясь к истории современной физики. Я упомяну здесь всего два имени: Эрнеста Резерфорда, чьи эксперименты впервые обнажили структуру атома, показав существование ядра и электронной оболочки, и Нильса Бора, который создал теорию, описывающую структуру электронной оболочки атомов, и получил упоминавшийся выше показатель 10^4 из уже известных физических постоянных. При построении на основе общих принципов Бора количественной теории атомной структуры ключевую роль играли две главные теории современной физики: теория относительности Эйнштейна и квантовая теория Планка. Их влияние выходит далеко за пределы естественных наук, оказывая воздействие и на философию.

Весьма характерно для нашего времени, что истолкование ядерных сил ближнего действия было дано в работе неевропейца — японского физика Юкавы (1935 г.), который опирался на две упомянутые выше фундаментальные теории. Теория Юкавы открыла перед физиками совершенно новые, широкие перспективы, введя недолговечные элементарные частицы, массы которых занимают промежуточное положение между массами электрона и протона (их называют мезонами). С той поры было открыто несколько таких частиц. Изучение этих частиц, которое, возможно, позволит узнать, из каких основных компонент состоит материя, вероятно, станет центральной задачей физических исследований на следующем этапе развития науки.

Не будет преувеличением сказать, что среди всех творений человеческого ума

теоретическая физика (наряду с полифонической музыкой) является в наибольшей степени продуктом европейским, не имеющим каких-либо аналогов у других цивилизаций. Эта монополия была нарушена Юкавой. Закончим на этом наш экскурс в область физики и вернёмся к анализу истории с позиций энергетики.

Когда я изучал физику и астрономию шестьдесят пять лет назад, источник колоссальной энергии, которую звезды непрерывно излучают в пространство, оставался величайшей загадкой. Все известные в то время физические процессы, например превращение в тепло гравитационной энергии в результате сжатия тела (объяснение, предложенное Гельмгольцем), выделяют слишком мало энергии, чтобы объяснить излучаемые количества её. Радиоактивность тогда была только открыта, и физики начали подозревать, что выделяемая звёздами энергия возникает в результате радиоактивных процессов — ядерных превращений, происходящих внутри звёзд. Однако лишь в 1938 году Бёте и Вейцеккер независимо друг от друга дали правильное описание этих процессов.

Маленькие ядра нестабильны по той причине, что они имеют тенденцию срастаться в большие ядра, причём этот процесс сопровождается высвобождением энергии. Так, например, следующее за водородом по весу ядро принадлежит гелию и состоит из двух протонов и двух нейтронов. Однако маловероятно, что эти четыре мельчайшие частицы когда-либо могут встретиться, поскольку даже в условиях исключительно высокой плотности материи внутри звёзд такие события практически не наблюдаются. Эти четыре частицы могут, однако, сойтись весьма окольным путём с помощью некоторого тяжёлого ядра, действующего подобно химическому катализатору. Бете и Вейцеккер в первую очередь нашли именно эту последовательность реакций.

Как и во всех звёздах, энергия, излучаемая в пространство нашим Солнцем, выделяется в процессе синтеза водородных ядер. Крохотная часть солнечного излучения падает на Землю, снабжая её энергией, которая вызывает все погодные явления и делает возможным существование жизни на нашей планете.

Тепловая энергия солнечного излучения удерживает воду океанов в жидком состоянии (за исключением полярных областей) и вызывает круговорот воды в природе: из морей в облака, из облаков дождём на землю, отсюда в реки и обратно в моря и океаны.

Видимая часть солнечного спектра, представляющая собой излучение более коротковолновое, чем тепловое (которое в основном и определяет процесс испарения воды из океанов), поглощается растениями и используется для образования органического вещества путём фотосинтеза. Это сложный фотохимический процесс — перестройка электронных оболочек определённых атомов и атомных групп под действием света. Количество энергии, связанное с такими преобразованиями атомов или атомных групп, несоизмеримо меньше энергии, освобождаемой в результате единичного акта ядерного синтеза, происходящего внутри Солнца. Проходя через Солнце и рассеиваясь в пространстве, эта энергия «обесценивается». Но именно эта обесцененная химическая энергия, накопленная растениями, поддерживает всю жизнь на Земле.

В первый период истории, который можно назвать естественным состоянием, энергетические ресурсы человека ограничивались его собственными мускулами и мускулами прирученных животных. Небольшой дополнительный вклад вносила стихия: работали водяные и ветряные мельницы, а парусные корабли транспортировали людей и грузы. С научной точки зрения механизм отдачи естественной энергии человека, вырабатываемой его мускулами, изучен хуже всех прочих источников энергии. Он основан на преобразовании химической энергии (освобождаемой в результате перестройки электронных оболочек в некоторых атомных группах) в макромеханическую энергию, выделение которой сопровождается заметным повышением температуры. В лаборатории мы знакомы с подобным процессом только по его протеканию в столь примитивных приборах, как, например, электрические батареи. То, что происходит в живых организмах, значительно сложнее и тоньше.

В естественном состоянии человек использует поступающую, а не ранее

накопленную, энергию. Эта поступающая энергия в виде солнечного излучения имеется повсюду, хотя она и распределена не совсем равномерно по различным климатическим зонам.

Ввиду универсального характера всех энергетических ресурсов в естественном состоянии специфика местных условий на Земле относительно мало влияла на ход истории. Ключевую роль здесь играли другие факторы — географические особенности, национальный характер и отдельные личности. Это объясняет, почему при обычном изложении истории энергетические ресурсы выпадали из поля зрения, а в центре оказывались совершенно иные факторы. Это было оправдано до тех пор, пока человечество находилось в естественном состоянии, однако неправильно и опасно продолжать пользоваться этим методом и в наше время. Произошли колоссальные изменения, и их важность нельзя учесть должным образом, если описывать их лишь в дополнении к главе, посвящённой экономическому и культурному развитию.

В этот первый, естественный, период истории Европа не играла какой-то особой роли, которая позволяла бы отличить её от других континентов: у неё были свои войны и мирные договоры, свои короли и герои, свои конституции и революции, философии, религии, искусства и науки, а также всё, что обычно им сопутствует. Лишь один феномен возвысил в то время Европу над хаотическим потоком событий всемирной истории — появление греков. Это они породили свободное независимое мышление, стремящееся к изучению природы, мира вне всякой связи с непосредственными практическими потребностями. Именно это привело к новым, глубоким открытиям в математике и естественных науках. Сделанные тогда открытия были погребены в последующие века, но они были снова обнаружены тысячу лет спустя, когда в Европе начался подлинный расцвет.

Затем наступил второй период химической эры. Как полагают, чёрный порох был изобретён в Китае, но там он в основном использовался для весёлых фейерверков. Когда в XII или XIII веке порох появился в Европе, он сразу же превратился в оружие.

Я считаю это событие началом второй фазы химической эры, поскольку с ним связано первое в истории использование химической энергии, накопленной вне мускулов живого организма. Для меня оно также символизирует европейский дух, который начал раскрываться с этого момента, демонстрируя такие свои характерные качества, как изобретательность ума, склонность к выдумке, тяга к приключениям и стремление к экспансии, которая не останавливалась ни перед чем и часто прикрывалась именем Христа.

Это переходная эпоха, эпоха стремительного развития. И её духовные аспекты нельзя отделять от материальных, поскольку без преодоления религиозных и философских традиций был бы невозможен тот изумительный расцвет исследований в области естественных наук, который наблюдался в те века; и наоборот, успех научных исследований в значительной степени способствовал разрыву с традиционными догмами.

Благодаря великим морским путешествиям, совершённым в те времена, представление о сферической Земле стало реальностью: европейцы со своими пушками стали хозяевами значительной части земного шара. Тогда они считали себя и хозяевами Вселенной, поскольку верили, что Земля находится в её центре. Столь надменные представления были разрушены Коперником, который низвёл Землю до одной из многих планет. Это, однако, не сильно умалило гордость европейца. Расставшись со своим доминирующим положением во Вселенной, он нашёл утешение в том, что обладает наукой, которая раскрыла тайны небес и была на пороге раскрытия земной природы. Из исследований движения планет выросла такая научная дисциплина, как механика. Последняя в свою очередь дала мощный толчок развитию физики. Из средневекового мистицизма алхимии выросла такая точная наука, как химия. В конце XVIII века переход был завершён и появилась паровая машина.

Паровая машина с момента своего рождения была связана с углём — топливом, которое начали использовать в Англии после того, как в ней были истреблены все старые леса. Первые паровые машины применялись для откачки воды из угольных шахт. Эти

машины потребляли уголь, и только уголь. Другими словами, они расходовали капитал в виде энергии, которую Солнце накопило на Земле за сотни миллионов лет, способствуя росту лесов, погружавшихся затем в почву, где происходила углефикация стволов. Производство механической энергии стало быстро расти, и это изменило всю жизнь западноевропейца. Социологи говорят о промышленной революции, но этот термин упускает главное: это была энергетическая революция, всё остальное — её естественное следствие. Рабочий, не имевший до этого в своём распоряжении ничего, кроме силы своих рук, оснащается теперь непрерывно растущим количеством «лошадиных сил». Их величина меняется год от году и различна для разных стран. Наибольшего значения этот показатель достиг в Соединённых Штатах, где сегодня в распоряжении среднего рабочего находится до 40 лошадиных сил. За этим ростом мощности, доступной каждому человеку, последовал рост производства и повышение жизненного уровня.

Правда, вначале новое богатство текло главным образом в карманы кучки предпринимателей, в то время как положение масс стало ещё хуже. Потребовалось много лет и целый ряд политических революций, прежде чем начало расти всеобщее благосостояние. Не моя задача дать обзор этих социальных преобразований, однако я хочу обратить внимание на некоторые особенности рассматриваемого периода.

Первая связана с взаимодействием техники и науки. Паровая машина была изобретена ещё до того, как стала известна теория процесса, на основе которого она работает. Даже само понятие энергии, которое в настоящее время имеет решающее значение для понимания механизма работы паровой машины (понятие, на базе которого я пытаюсь здесь схематично изложить всемирную историю), возникло пятьдесят лет спустя, когда была развита так называемая механическая теория теплоты. Однако с того момента использование понятия энергии (вместе с более сложным понятием энтропии) позволило внести значительный вклад в усовершенствование паровой машины. Подобное взаимодействие между техникой и наукой затем постепенно распространилось на все другие отрасли исследований и промышленности.

Во-вторых, я хотел бы здесь упомянуть в качестве двух наиболее известных примеров взаимодействия науки и техники электричество и химию. Благодаря электротехнике энергию стало легко транспортировать, и она превратилась в коммерческий продукт. Химия разорвала зависимость человека от естественных материалов. Просто невозможно перечислить здесь всё остальное, что появилось в тот же период. Когда я был молод, даже велосипеды не получили ещё широкого распространения. Сегодня же мы располагаем самолётами со сверхзвуковой скоростью. И что удивляет меня более всего, так это то, что весь век техники едва ли вдвое старше меня самого и большинство изумительных чудес этого века приходится на вторую его половину, так что они появились у меня на глазах. Возможно, наиболее удивительны триумфы медицины, например её успех, выразившийся в удвоении средней ожидаемой продолжительности жизни человека.

Третья особенность, по моему мнению, связана с применением жидкого топлива — нефти. Из недр земли извлекаются огромные количества её, и она стала важным фактором в экономической и политической борьбе. Однако если бы даже этих природных ресурсов не было, число самолётов и автомашин достигло бы современной цифры, так как ещё несколько десятков лет назад человек научился получать жидкое топливо из каменного угля.

Да, поистине фантастическое время эти последние сто пятьдесят лет! Но если ресурсы наши ограничены, то разве не очевидно, что при непрерывном использовании им придёт конец, причём тем скорее, чем интенсивнее потребление? Европейцы — в том числе русские и потомки европейцев, живущие в Америке, — жили именно так, день за днём, не задумываясь о более далёких временах. Они упрочили и расширили свою власть над другими народами, захваченную ранее при помощи пушек. После наполеоновских войн они на некоторое время так глубоко увязли в своей экспансии, что в течение определённого периода сохраняли мир между собой. На середину XIX века приходится один из наиболее продолжительных периодов мира в Европе. Позже, однако, европейские народы начали

воевать между собой отчасти с целью расширения колониальных владений, а отчасти из-за старых неразрешённых междержавных конфликтов и взаимных территориальных притязаний в самой Европе. Между тем армия стала постепенно механизироваться и индустриализироваться, не отставая в этом отношении от всех прочих сфер общества. Росли соответственно и ужасы войны, так что был неизбежен тот результат, который мы все наблюдали: две мировые войны, опустошившие Европу...

Для меня фундаментальной особенностью века, в конце которого мы живём, является беззаботность, с которой человек расходует то, что служило основным источником его силы и могущества, а именно ископаемое топливо в виде угля и нефти. Колоссальное улучшение жизненных условий, последовавшее за утилизацией этих источников энергии, породило оптимизм, твёрдую уверенность в безграничном прогрессе. Этой убеждённости в результате двух мировых войн был нанесён тяжёлый удар в Европе, однако она устояла и в Америке и в России. И тем не менее такая уверенность в будущем до последнего времени была совсем необоснованна. Запасы угля и нефти должны иссякнуть раньше или позже, причём тем скорее, чем больше людей станет жить на Земле. Успехи медицины и гигиены обеспечили рост численности населения в Европе, Америке и Австралии. Всё большее и большее число людей с других континентов, и прежде всего огромные людские массы Китая и Индии, стали стремиться к более высокому жизненному уровню и приступили к индустриализации. Непрерывно открываются всё новые и новые месторождения угля и нефти; можно считать, что этих запасов хватит на ближайшие несколько десятилетий, а возможно, и столетий.

Для учёного, однако, современная цивилизация представляется лишь как крохотный период в длинной истории человеческого рода, насчитывающей в общей сложности полмиллиона лет; а сама эта история лишь мгновение в бесконечной эволюции жизни на Земле. Он имеет право пользоваться более крупным масштабом времени и прийти к заключению, что до недавних пор надежда человечества сохранить своё доминирующее положение на земном шаре покоилась на весьма шатком основании.

Чтобы подкрепить этот взгляд, стоит лишь вспомнить слова великого физика Резерфорда, отца современной ядерной физики: незадолго до своей смерти в 1937 году он говорил, что никогда не удастся использовать для практических целей огромные запасы энергии, хранящиеся в атомном ядре. Он ошибался. Всего через два года после смерти Резерфорда один из его учеников (который подобно своему учителю посвятил свою жизнь занятиям чистой наукой в том смысле, как её понимали греки), немецкий химик Отто Хан, осуществил вместе со своим коллегой Штрассманом решающий эксперимент, даже не подозревая о его последствиях. Возможно, прошло бы много лет, прежде чем открытие Гана созрело для технических приложений, если бы не вторая мировая война, которая ускорила процесс исследований, точно так же как катализатор ускоряет химическую реакцию.

Здесь мы имеем дело не с синтезом лёгких ядер, который поддерживает работу солнца, а с распадом («делением») тяжёлых ядер. В принципе в этом процессе легко разобраться. Я говорил выше, что синтез нуклонов в ядра нельзя объяснить действием электрических сил: во-первых, все протоны имеют положительный заряд и отталкивают друг друга, и, во-вторых, электрические силы не оказывают воздействия на нейтроны. Я напомнил, как, исходя из фундаментальных принципов современной физики, Юкава пришёл к заключению, что между нуклонами должны действовать силы совершенно иного рода, и как он связал эти силы с существованием элементарной частицы нового типа — мезона. Силы Юкавы действуют лишь между ближайшими соседями, в то время как силы электрического отталкивания проявляются на больших расстояниях. Вполне понятно, что, по мере того как ядро растёт, электрическое отталкивание в конце концов (несмотря на свою относительную слабость) должно превысить притяжение, являющееся силой ближнего действия. Следовательно, ядра, размер которых превышает некоторый предел, должны быть неустойчивы. Эта неустойчивость была впервые обнаружена у атома урана, ядро которого содержит 92 протона. Было обнаружено, что один из изотопов этого элемента — не наиболее распространённый, ядро которого содержит 146 нейтронов, а значительно более

редкий, со 143 нейтронами в ядре — становится неустойчивым, поглотив извне ещё один нейтрон; при этом он распадается на две примерно равные части с выделением огромного количества энергии. В этом процессе испускаются несколько свободных нейтронов, а они в свою очередь могут быть поглощены ядрами неустойчивого изотопа урана и вызвать деление нескольких ядер. В результате возникает цепная реакция, напоминающая лавину. Именно этот процесс используется для освобождения энергии в урановом реакторе; на его основе была создана первая атомная бомба.

Фундаментальные шаги в этом направлении — открытие явления ядерного деления, его теоретическое истолкование и получение доказательств возможности цепной реакции — были сделаны в Европе или европейскими учёными, переехавшими в Америку. В то же время техническое приложение результатов этих исследований является заслугой Америки, которая добилась огромного успеха в этом направлении благодаря колоссальным усилиям и высокой организации. Вся трагедия указанного развития событий заключается в том, что первое использование новых сил произошло в военной области и созданное на их основе оружие обладало колоссальной разрушительной силой.

Производство энергии, источником которой служило ядерное деление, началось вскоре после окончания войны; сегодня урановые реакторы действуют в ряде стран, а многие другие страны сооружают их.

Подобно углю и нефти, земные запасы сырья, из которого получают эту энергию — урана и тория, — весьма ограничены, однако они вполне достаточны, чтобы отсрочить наступление энергетического голода на века. Среди промышленных держав Англия, страна, где была изобретена паровая машина, ближе других стоит к полному истощению своих запасов угля. Сегодня она занимает ведущее положение в разработке урановых реакторов и связывает с ними надежды на сохранение своих экономических позиций в мире. Многие страны, не имея ни угля, ни нефти и вследствие этого практически никакой промышленности, полагают, что они смогут построить свою индустрию на базе атомных электростанций. И уже вырисовывается следующий шаг в развитии ядерной энергетики, который обещает человечеству неисчерпаемые запасы ядерного горючего.

Теперь оказалось возможным воссоздать на Земле процесс, протекающий в звёздных недрах, то есть синтез ядер гелия из четырёх нуклонов. Для его начала необходимо использовать атомную бомбу, действующую на принципе деления ядер урана. Огромные температура и давление, создаваемые взрывом при делении ядер урана, возбуждают синтез гелия. Как и в случае чёрного пороха и урановой бомбы, здесь быстрым успехам в достижении результата содействовала война или по крайней мере подготовка к войне. История создания водородной бомбы хорошо известна, и нет необходимости её пересказывать. В настоящее время эта бомба служит чрезвычайно важным фактором в противоборстве между Соединёнными Штатами и Советским Союзом. Европа не принимала в этом участия до тех пор, пока Великобритания не стала производить свои водородные бомбы. Поначалу это изобретение представлялось чисто дьявольским, поскольку не видно было никаких путей для замедления процесса синтеза. Чтобы использовать его в качестве промышленного источника энергии, в очень короткий срок были найдены методы, которые позволяют надеяться, что в ближайшем будущем удастся управлять и так называемыми термоядерными процессами. Когда эта цель будет достигнута, человечество избавится от всех забот об источниках энергии на время, которое будет исчисляться не веками, а геологическими эпохами. Дело в том, что сырьём для ядерного синтеза служит водород, который можно черпать из океанов, а океаны никуда не денутся по крайней мере до тех пор, пока на Земле будет жить человек. Таким образом, это похоже на возвращение дел человеческих к нормальному положению. Человек сможет пользоваться запасами космической энергии, практически столь же неисчерпаемыми, как и солнечная энергия.

Этот новый период истории человечества отличается от первого, естественного, периода тремя основными особенностями. Во-первых, это будет искусственное состояние, которое можно сохранить лишь в результате постоянного использования исключительно

тонких технических методов и лишь на основе международного сотрудничества.

Во-вторых, если имеющиеся средства будут применяться должным образом, то это состояние будет отличаться огромным материальным богатством. Энергия, которая станет доступна рабочему, не будет идти ни в какое сравнение с тем, что его мускулы способны извлечь из пищи. Это будет безбрежное море, покорённое разумом человека посредством исследований, технических средств и организации.

И наконец, это будет весьма неустойчивое состояние, чреватое опасностями совершенно иного масштаба, чем те, с которыми человечество сталкивалось в дотехническую эпоху. Политические перевороты, войны и революции прежних времён наносили ущерб (или опустошение) ограниченному району. Политическая катастрофа в новую эру означает самоуничтожение цивилизации, возможно даже всего человечества, если не всей жизни на Земле.

Подведём итог. Благодаря специфическому духу и труду Европы человечество не зависит больше от скудного пайка солнечной энергии, выделенного ему природой. Европейец сначала открыл склады солнечной энергии, накопленные в прошлые геологические эпохи в виде запасов ископаемого горючего; соблазнённый перспективами завладеть новыми богатствами, он бездумно расточал их, строя новое индустриальное общество, которое постепенно охватило весь земной шар. Однако им не был совсем утрачен и дух греческой цивилизации, которая дала первый толчок развитию европейской цивилизации; в своей погоне за материальным богатством он продолжал развивать и науку ради науки. Эти чистые исследования принесли человеку избавление от конечной гибели в результате истощения ископаемого горючего; в распоряжении человека оказалась ядерная энергия, запасённая на самой Земле.

Однако, подобно Прометею, понёсшему кару за то, что он похитил огонь у богов и принёс его человеку, современный человек, возжёгший на Земле космический огонь, также отягощён от проклятием. Он начал атомный век ужасающими разрушениями и массовым убийством, и отброшенная на радость и надежду жизни тень слов «атомная бомба» останется видна навсегда.

По милости учёных человечество оказалось на распутье. Теперь задача всех без исключения людей, а не только политических лидеров состоит в том, чтобы избежать пути, ведущего к катастрофе. Мы, физики, должны без усталости объяснять и предупреждать; мы должны стремиться влиять на решения, принимаемые государственными деятелями. Именно это послужило причиной, заставившей меня попытаться изложить всемирную историю и роль в ней Европы в том виде, как это видится физики. Огромную опасность для будущего представляют те, кто отказывается признать, что новый век, на пороге которого мы стоим, в корне отличается от всех прошедших эпох. Я уже говорил о трёх его особенностях. Первая — технические усилия, которые необходимы, чтобы сохранить достигнутое положение, — является бременем. Третья — наличие атомной бомбы — представляет собой огромную опасность.

Возникает вопрос: не существует ли пути достичь процветания, не взвалив на себя это бремя и избежав атомной опасности или, если это бремя неизбежно, то по крайней мере уклониться от опасности? Один из трагических аспектов современного положения заключается в том, что при несколько иной последовательности исторических событий это, вероятно, оказалось бы возможным. Благодаря успехам физики и техники человечество могло бы безбедно жить, используя солнечную энергию, не обращаясь к ядерной. Правда, энергии падающей воды, которая в связи с этим первой приходит на ум, было бы недостаточно. Даже полное использование земных гидроресурсов покрыло бы лишь небольшой процент энергетических потребностей человека. Ветры слишком ненадёжны. Возможность утилизации энергии приливов исследуется в настоящее время, что обещает дать немалый вклад в общий энергобаланс. Серьёзного внимания заслуживает прямое преобразование солнечной энергии в электрическую с помощью термоэлементов. Я могу привести здесь цифры, взятые из статьи русского физика Иоффе[22]. Солнечная энергия,

получаемая Землёй в течение суток, равна по величине всем запасам энергии, накопленным на Землю с момента её образования в форме угля, нефти или воды. Это указывает на то, что недостаток энергии, которым характеризовалась эпоха, названная мною «естественным периодом» истории, проистекал не из-за скудности поступавшей солнечной энергии, а был связан с низкой эффективностью использования этой энергии в метеорологическом цикле и растениями. Сегодня к.п.д. усовершенствованных термоэлементов достигает 8%, что сравнимо с к.п.д. паровой машины. Естественно, для покрытия мировой потребности в энергии с помощью таких приборов нужно будет покрыть термоэлементами большую площадь пустыни — что-нибудь порядка 50 x 50 км, которая круглый год открыта солнечным лучам.

Даже если в будущем и можно будет реализовать подобные проекты, это никак не изменит тех трагических обстоятельств, которые сложились после атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки. Война и насилие стояли у колыбели новой эры. Мы использовали дар нашей прозорливости для убийства и разрушения. Проклятие содеянного навсегда пало на нас.

Этот кризис не может быть разрешён традиционными политическими средствами. Часто приходится слышать: «Когда изобрели большой лук и чёрный порох, находились пророки, предсказывавшие конец мира, однако человечество пережило это и многие другие вещи — динамит, авиабомбу, напалм. Подобным же образом человечество, или по крайней мере часть его, устоит и перед атомной и водородной бомбами, если будут приняты необходимые меры защиты, например если будут созданы подземные города-убежища или предприняты другие меры».

Мне кажется, что люди, высказывающие подобные взгляды, просто глупы. Мы не кроты. Мы радуемся солнцу, озаряющему вокруг нас прекрасный ландшафт. Не изменив радикальным образом нашего мышления, мы не сможем найти выхода из нынешнего опасного положения. Трудности кажутся непреодолимыми, поскольку редко в мире происходили такие потрясения, которые мы наблюдаем сегодня. Народы Азии и Африки стремятся сбросить с себя колониальное ярмо и избавиться от европейского влияния. Конфликты националистического толка, религиозный антагонизм, напряжённость на расовой почве, схватка конкурирующих идеологий коммунизма и капитализма — всё это сейчас обострилось как никогда, и тем не менее нельзя разрешить эти противоречия старыми насильственными методами. Новая мировая война станет концом для всех нас.

В Европе всё началось с открытий и изобретений. Это были творения ума, способствовавшие материальному прогрессу. Я верю, что когда-нибудь Европа снова станет лидером, но на этот раз добиваясь прогресса в области политики и этики. Первым шагом в этом направлении будет объединение самой Европы.

Будучи физиком, я особенно заинтересован в тех европейских организациях, которые непосредственно связаны с атомными исследованиями; к ним, как известно, относятся Евратом и ЦЕРН. Лаборатории последней расположены под Женевой. Размеры установленных там машин убедительно демонстрируют, что мельчайшие частицы Вселенной обладают огромной энергией и для их исследования требуются невероятные усилия экспериментаторов и колоссальные затраты средств. Солидарность западноевропейских стран, выразившуюся в этом общем предприятии, которое по своим масштабам превосходит возможности каждого из участников, можно считать обнадеживающим признаком.

Физика служит не только источником материального прогресса, она позволяет связать в единую цепь отдельные звенья духовного развития человека. В конечном счёте конфликт между Востоком и Западом, который в настоящее время будоражит весь мир, обусловлен различными философскими концепциями и различным истолкованием смысла жизни, на что, безусловно, повлияли естественные науки...

Я убеждён, например, в высокой степени истинности законов ядерной физики; однако обернётся ли в конечном счёте открытие этих законов благом для человечества или принесёт

ему смерть и разрушение, покажет будущее.

Мы верим, что существует разумный путь, что чистое безумие — ставить на карту существование цивилизованного человечества ради победы философской доктрины или экономической системы. Я, например, убеждён, что массовые убийства и войны являются злом при всех обстоятельствах и что в будущей политике им нет места. Однако для меня было бы слишком самонадеянным рассматривать исторические проблемы глазами физика. И если бы я захотел сейчас остановиться на философских аспектах морали или поговорить о теологии, то тем самым мне бы пришлось отойти от области, где я компетентен, ещё дальше. Позвольте в заключение сказать, что этические проблемы, возникшие в связи с громадным ростом могущества, доступного человеку, пожалуй, ближе моему сердцу, чем научные и политические проблемы; и я надеюсь, что на эту тему выскажутся люди, более компетентные в этих вопросах, чем я.

Глава 4. Благо и зло космических путешествий

Прочтя название этой главы, энтузиаст космических исследований, возможно, воскликнет: «Смотрите! Этот неумолимый противник космических путешествий начал потихоньку сдавать свои позиции. Хотя по-прежнему он распространяется об опасностях космических полётов, он уже рассматривает и то благо, которое они с собой несут». Радость такого энтузиаста преждевременна. Я, конечно, не утаю ничего из того, что можно сказать в пользу космических приключений, однако подвергну всё это критической оценке и изложу свои выводы.

Если вы хотите судить о ценности космических полётов, то должны прежде всего задать вопрос: для кого они ценны? С космическими исследованиями связаны многие отрасли науки: и астрономия, и физика, и геофизика, и метеорология, и космология, и эволюционная биология и ряд других наук. Учёные, работающие в этих областях, жаждут получить новые сведения о космическом пространстве и телах, движущихся в нём, причём не только данные о Луне, планетах и неподвижных звёздах, но и о бесчисленных атомных частицах всех сортов. В изучении космоса, помимо учёных, заинтересованы инженеры различных специальностей: исследователи-материаловеды и создатели ракетных двигателей, конструкторы космических летательных аппаратов, специалисты по электронике и т. д., однако их личные интересы и интересы соответствующих отраслей промышленности в меньшей степени концентрируются на приобретении знаний, чем на прикладных вопросах и, естественно, окрашены стремлением заработать деньги. Сюда следует добавить изобретателей средств связи и эксплуатационников, которые с помощью искусственных спутников перекрывают океаны и передают телевизионные программы с одного континента на другой. И наконец, имеются ещё военные, которые рассматривают космические зонды как экспериментальные модели носителей для своих ядерных бомб и надеются вскоре включить космос в свои стратегические планы.

Разве этого не достаточно? Я не говорю здесь о многих других важных вещах — ведь я не специалист по космосу! Разве успехи в изучении космоса не наполняют наши сердца счастьем и гордостью? Конечно, эти чувства испытывают все специалисты и заинтересованные группы. Но каковы наши собственные чувства, мои и ваши? Разрешите мне нарушить установленные правила этикета и начать с себя. Я — физик и заинтересован в тех результатах космических исследований, которые вносят вклад в физику атмосферы, в изучение радиационных поясов вокруг Земли, космических лучей и метеоров. Прежде справедливость законов движения планет, открытых Ньютоном почти 300 лет назад, можно было проверить путём наблюдений орбит естественных небесных тел. Теперь законы Ньютона подтверждены путём прямых экспериментов с телами, созданными человеком, и это принесло мне интеллектуальное удовлетворение. Можно ожидать, что в недалёком будущем экспериментальной проверке подвергнется и релятивистская механика Эйнштейна, которая сегодня вытеснила классическую механику Ньютона, причём для этой цели также

будут использованы искусственные спутники. Это вызовет у меня ещё большее восхищение.

Однако сколько ещё людей разделяет со мной это удовольствие? Может ли это оправдать наши усилия в области космоса? Так может думать только тот, кто полностью замкнулся в своей узкой специальности и поглощён своими профессиональными интересами, забывая о том, что могут быть и иные точки зрения. На эксперименты требуются деньги, и чем дальше продвигаются исследования, тем больше затраты. Однако расходы должны находиться в приемлемом соотношении с результатами, как раз здесь-то и неблагоприятно с космическими исследованиями. Получаемые результаты представляют значительный интерес для специалистов, но оставляют безучастным рядового гражданина.

Многие ли из вас разделят со мной удовольствие, испытываемое от экспериментальных доказательств справедливости классической и релятивистской механик? На многих ли произвело впечатление открытие радиационного пояса вокруг Земли? Подсчёт числа метеоров? Измерения интенсивности радиации за пределами атмосферы? У кого хотя бы имеются ясные представления о размерах Вселенной? Каждый знает, что астрономы измеряют эти расстояния световыми годами (неудачно выбранный термин, поскольку он обозначает не время, а расстояние; это расстояние, проходимое светом за год). Скорость света 300000 километров в секунду. Ближайшая к нам звезда удалена от нас на расстояние в четыре световых года; наиболее удалённые видимые объекты — на много миллиардов световых лет. В то же время расстояние от Земли до Луны составляет около одной световой секунды — менее чем одну тридцатимиллионную часть светового года. Следовательно, если человеку удастся высадиться на Луне, то это будет означать, что он смог преодолеть лишь ничтожную часть расстояния до ближайшей от нас звезды.

Высадка на Луну явится свидетельством поистине дерзкого и блестящего достижения как технического, так и организационного порядка. Но можно ли действительно считать её космическим путешествием? Скорее это будет проникновение в планетную систему. Достоянная ли это цель? Мы знаем, что ни одна из остальных планет не обладает столь разительным сходством с Землёй, чтобы жизнь на ней могла показаться привлекательной человеку. Либо на них царит ледяной холод, либо они невероятно раскалены; на них нет ни воды, ни воздуха, и они абсолютно не подходят для обитания человека. Путешествие к звёздам (у некоторых из них, возможно, также есть обитаемые планеты) в настоящее время представляется чистой фантазией. Имеются, конечно, специалисты по космическим летательным аппаратам, которые изучают технические стороны подобного проекта — например, тяговые двигатели, использующие радиационное давление, — или размышляют над проблемой, связанной с чрезвычайно большой длительностью путешествия. В последнем случае на помощь приходят результаты, являющиеся следствием теории относительности Эйнштейна. Согласно этой теории, путешественник, который движется со скоростью, близкой к скорости света, стареет медленнее своего близнеца, остающегося дома. Подобные взгляды, получающие поддержку и со стороны теории и со стороны эксперимента, придают научную окраску рассуждениям по поводу космических путешествий. Однако они ни в какой степени не возвращают нас к рациональному подходу.

В феврале 1958 года я говорил (на диспуте в Евангелической академии в Клакстон Локкум), что космические путешествия представляют собой триумф интеллекта, но одновременно и трагическую ошибку здравого смысла, и эти мои слова часто цитируют. В апрельском номере журнала «Христианин и мир» за 1960 год эти слова были вновь процитированы с таким добавлением: «Я сознаю, что мои высказывания не остановят этого развития, да его вообще нельзя остановить». В действительности я не говорил «да его вообще нельзя остановить». Если бы я это сказал, то тем самым я отказался бы от чувства ответственности, которое не даёт мне увлечься техническими чудесами до такой степени, чтобы они заслонили для меня перспективу развития науки в рамках общечеловеческой культуры.

В телевизионной программе «Путешествие во мрак», передававшейся в июне 1961 года, я дополнил эти соображения следующими словами: «Интеллект отличает возможное

от невозможного; здравый смысл отличает целесообразное от бессмысленного. Даже возможное может быть бессмысленным». Это было истолковано так, будто я считаю бессмысленным само существование человеческого рода. Я не отношусь к числу таких пессимистов. Я верю, что, осознав грозящую опасность, человечество стряхнёт с себя власть техники, перестанет хвастаться своим всемогуществом и вернётся к действительным ценностям, которые поистине разумны и необходимы: к миру, любви, скромности, уважению, удовлетворённости, высокому искусству и истинной науке. Современные так называемые космические исследования не имеют ничего общего с необъятными просторами Вселенной. Это всего только надатмосферное кружение вокруг Земли и вылазки к Луне и ближайшим планетам; короче говоря — это исследование окрестностей Земли.

Ряд ведущих астрономов и физиков в наши дни не выказывают большого энтузиазма к астронавтике. В английском сатирическом журнале «Панч» не так давно появилась статья, в которой были приведены высказывания астрономов по поводу космических путешествий, сделанные ими с момента запуска первого спутника и до наших дней. Они свидетельствуют об эволюции взглядов на научную ценность космических исследований: единая положительная оценка вначале сменилась резким отрицанием. Известный кембриджский астроном Фред Хойл сказал: «Советско-американское космическое соревнование почти не представляет никакой ценности для науки. Что в результате было достигнуто, не стоит и тысячной доли затрат». Английский физик и лауреат Нобелевской премии сэра Джон Кокрофт заявил: «Мы улыбаемся, наблюдая за вашими космическими полётами по телевидению. Все ваши усилия свидетельствуют об искажении целей науки во имя соревнования с Советским Союзом».

То, что заставляет рядового гражданина жертвовать на космос заметную долю взимаемых с него налогов, никак нельзя назвать научным интересом. Но тогда что же это? Быть может, возможность практического использования результатов этих исследований, например улучшение прогнозов погоды или увеличение дальности передач телевизионных программ посредством искусственных спутников? Я не думаю, чтобы поведение рядовых граждан определялось подобными мотивами. Кто интересуется тем, как метеорологи приходят к своим выводам? Кто горит желанием увидеть «живым» на своём экране одного из глав государства Азии или Африки, вместо того чтобы увидеть его несколько дней спустя в хроникальном репортаже? Но у отдельных граждан очень малый выбор.

Существуют, однако, крупные общественные секторы, которые ожидают прибылей от развития исследований планет и космоса. Давайте же посмотрим, какие блага скрываются за всем этим. Один из таких секторов — промышленность. Сооружение ракетных двигателей и космических летательных аппаратов предъявляет чрезвычайно высокие требования к материалам и точности изготовления отдельных узлов конструкции. Эти требования, следовательно, способствуют прогрессу техники и технологии. В первую очередь это касается таких областей техники, как электронная автоматика, химия горючих и взрывчатых веществ, а также металлургия. Высказывается мнение, что страна, не принимающая участия в космических исследованиях, будет отставать во всех этих областях и не сможет успешно конкурировать в других. Это утверждение опровергается тем, что космические исследования поглощают значительный процент научно-технических работников, отвлекая их от других целей. Сомнительно, чтобы ущерб, наносимый таким путём экономике в целом, компенсировался какими-либо выгодами от форсированных космических исследований. Здесь, по-видимому, мы не обнаружим явного выигрыша.

Есть ещё одна прослойка в обществе, представители которой получают определённые выгоды от космических исследований. Я имею в виду военных. Они постоянно требуют более совершенных ракет для доставки атомных бомб. Вполне очевидно, что космические исследования являются превосходным научным камуфляжем для достижения этой цели. Только такая маскировка делает возможными чудовищные расходы на космос. После того как были созданы межконтинентальные баллистические ракеты, военные стали изучать возможность использования искусственных спутников Земли для разведки и доставки бомб,

и средства на космос продолжали притекать. Сегодня целесообразность применения такого оружия вызывает сомнения, поскольку стационарные спутники, вращающиеся вокруг Земли, куда более уязвимы, чем управляемые снаряды. Так ли это или не так, однако никто, кроме военных специалистов и политиков, не склонен рассматривать эти приложения космических исследований как благо для человечества. Разум всегда восставал против войны, а сегодня война стала чистым безумием.

Так мы приходим к заключению, что научными доводами и практическими соображениями можно без труда объяснить тот интерес, который проявляют к космическим исследованиям определённые группы специалистов. Однако как объяснить интерес к ним всего человечества? А такой интерес, несомненно, существует. Где его корни? Человечество заворожено величию всего этого предприятия, его огромной стоимостью, трудностями, сложностью и размерами аппаратов, количеством людей, машин и материалов, связанных с космическими проектами. И это ещё не всё, захватывает романтика проникновения в неведомое. Кроме того, всегда живо извечное стремление человека освободиться от оков матери-Земли и вознестись к звёздам. Добавьте сюда восхищение перед изобретательным и упорным инженером, который сумел всё это придумать и воплотить в металл, и перед героями спектакля — космонавтами. Даже те, кто знает, что эти люди совсем не Ахиллесы и не Зигфриды, а лишь хорошо подогнанные детали аппаратов, задуманных и управляемых другими, не могут не восхищаться их мужеством. Ведь всё это созвучно нашим высочайшим идеалам. И такие настроения ловко используют преследующие свои особые интересы учёные, инженеры, политики и военные, чтобы популяризировать собственные планы и выжать больше денег из налогоплательщиков.

Таким образом, я не вижу ничего положительного в той форме космических исследований, в которой они ведутся в Соединённых Штатах, Советском Союзе и других странах. Дело приняло бы другой оборот, если бы оно превратилось в совместное предприятие всех народов, содействуя тем самым примирению противоречий и поддержанию всеобщего мира. Но именно этого и не происходит. Космос стал символом соперничества между великими державами, оружием в холодной войне, эмблемой национального тщеславия, демонстрацией силы. Кроме того, я не могу согласиться с часто повторяемым утверждением, что космические путешествия станут громоотводом для нашей природной агрессивности и склонности к насилию, которая в противном случае находит выход в войнах. Ведь космические исследования используются непосредственно в целях подготовки к войне и являются опасной игрой. Нет никакой гарантии, например, в том, что в соревновании достичь Луны соперники будут придерживаться тех правил честной игры, которые приняты в спорте. Кто может нас уверить, что сторону, выигравшую это состязание, не охватит безумие и она не возомнит, что обладает абсолютным превосходством, которым стоит воспользоваться для овладения всем миром? Пока космические проекты являются синонимом национального величия и силы и пока подавляющая часть общества находится в заблуждении относительно научной ценности и практических возможностей космических исследований, до тех пор я не смогу найти им никаких оправданий, несмотря на всё моё восхищение достигнутыми здесь успехами.

Глава 5. Символ и реальность

Любая книга по физике, химии, астрономии потрясает неспециалиста обилием математических и иных символов, и вместе с тем — скупостью описания явлений природы. Даже приборы для наблюдений обозначены на схемах символами. И всё же эти книги претендуют на научное описание природы. Но разве в этом обилии формул найдёшь живую природу? Неужели эти физические и химические символы связаны с испытанной на опыте реальностью чувственных восприятий?

Впрочем, иногда даже и сами учёные задумываются, почему им приходится рассматривать природу столь абстрактно и формально — при помощи символов. Нередко

высказывается мнение, что символы — это просто вопрос удобства, нечто вроде сокращённой записи, необходимой, когда имеешь дело с обилием материала, требующего переработки и усвоения.

Я счёл эту проблему не столь простой, рассмотрел её детально и убедился, что символы составляют существенную часть методов постижения физической реальности «по ту сторону явлений». Эту мысль я попытаюсь объяснить следующим образом.

Для простого, не искущённого в теориях человека реальность — это то, что он чувствует и ощущает. Реальное существование окружающих вещей кажется ему столь же несомненным, как несомненно для него чувство страдания, удовольствия или надежды. Возможно, он наблюдал оптические иллюзии и это открыло ему глаза на то, что ощущения могут приводить к сомнительным или даже крайне ошибочным суждениям о действительных фактах. Но эта информация зачастую остаётся на поверхности сознания как всего лишь забавное исключение, любопытный курьёз.

Такую позицию в философии называют наивным реализмом. Подавляющее большинство людей всю свою жизнь относятся к реальности именно так, если даже им довелось научиться отличать субъективные переживания (вроде удовольствия, страдания, ожидания, разочарования) от результатов контактирования с предметами внешнего мира.

Но существуют люди, с которыми случается нечто такое, что глубоко волнует их, и они становятся убеждёнными скептиками. Именно так случилось и со мной.

У меня был кузен, старше меня, который учился в университете, когда я был ещё школьником. Специализируясь по химии, он также изучал курс философии, которая сильно увлекла его. И вот однажды он вдруг задаёт мне вопрос: «Что на самом деле ты имеешь в виду, когда говоришь, что эта листва зелёная, а это небо голубое?» Мне такой вопрос показался довольно надуманным, и я ответил: «Я просто имею в виду зелёное и голубое, ибо вижу эти цвета такими, какими ты сам их видишь». Однако он не был удовлетворён моим ответом и возразил: «Откуда ты знаешь, что мой зелёный в точности такой же, как и твой зелёный?» Мой ответ: «Потому что все люди видят этот цвет одинаково, разумеется», — опять не удовлетворил его. «Существуют ведь, — сказал он, — дальтоники, они по-иному видят цвета. Некоторые, например, не могут отличить красный от зелёного». Я понял, что он загнал меня в угол, заставил увидеть, что нет никакого способа удостовериться в том, что именно ощущает другой и что даже само утверждение «он ощущает то же самое, что и я» лишено ясного смысла.

Так осенило меня сознание того, что, в сущности, всё на свете субъективно — всё без исключения. Каким это было ударом!

Однако проблема не в том, как разделять субъективное и объективное, а в понимании того, как освободиться от субъективного и уметь формулировать объективные утверждения. Скажу сразу, что ни в одном философском трактате я не нашёл решения этой проблемы. Только моим собственным исследованиям по физике и смежным наукам обязан я тем, что пришёл на склоне лет к решению, которое представляется мне до некоторой степени приемлемым.

В те далёкие времена, ещё совсем юным студентом, я последовал совету моего кузена и наставника читать Канта. Много позднее я узнал, что эта проблема — как объективное знание возникает из чувственных ощущений индивида и что это знание означает — гораздо старше идей Канта. Эту проблему, например, формулировал ещё Платон в своём учении об идеях. Эта же проблема ставилась также в виде разнообразных спекулятивных рассуждений последующих философов античности и средневековья вплоть до непосредственных предшественников Канта — британских эмпириков Локка, Беркли и Юма. Впрочем, я не имею намерений углубляться в историю философии. Хочу лишь сказать несколько слов о Канте, поскольку его влияние на умы не прекращается и в наше время, а также потому, что я намерен пользоваться отчасти его терминологией.

Прочитав отрывок из кантовской «Критики чистого разума» (Трансцендентальная эстетика): «... Посредством чувственности предметы нам даются, и только она доставляет

нам созерцания; мыслятся же предметы рассудком, и из рассудка возникают понятия». Таким образом, по Канту, представления об объектах преобразуются рассудком в общие понятия. Он полагает самоочевидным, что объекты восприятия одинаковы для всех индивидов и что рассудок каждого индивида по-одинаковому формирует общие понятия. Согласно Канту, всё знание относится к явлениям, но не определяется всецело опытом (апостериорное знание), ибо зависит также от структуры нашего сознания (априорное знание). Априорными формами наших представлений являются пространство и время. Априорные формы сознания называются категориями. Кант оставил нам систему категорий, которая содержит, например, такую категорию, как причинность.

Вопрос о том, нет ли «по ту сторону» мира явлений другого мира настоящих объектов, оставлен Кантом без ответа, насколько я понял его. Он говорит о «вещах в себе», однако провозглашает их непознаваемыми. Прочитав по этому поводу книгу «Западная мудрость» Бертрана Рассела, где он пишет: «Согласно кантианской теории, невозможно опытное знание о «вещи в себе», поскольку весь опыт неразрывно связан с пространством, временем и категориями. В лучшем случае мы можем сделать вывод, что такие вещи существуют, постулируя внешний источник впечатлений. Строго говоря, даже и это непозволительно, поскольку мы не располагаем никаким независимым способом убедиться в существовании таких источников впечатлений, а если бы даже такой способ был, всё-таки мы не смогли бы сказать, что именно эти вещи в себе вызывают наши чувственные впечатления. Ибо если мы говорим о причинности, то уже тем самым мы оказываемся в системе априорных идей, регулирующих само понимание»[23].

Не совсем ясную концепцию «вещи в себе» принято считать слабым пунктом учения Канта. Тем не менее что-то подобное нельзя не предполагать для понимания того, каким образом чувственные восприятия и те модификации, в которые эти восприятия превращаются, могут приводить отдельных индивидов к объективным утверждениям, имеющим силу для всех индивидов. Однако эта предпосылка всего объективного знания провозглашается Кантом как нечто само по себе непознаваемое.

Я постараюсь показать, как можно избавиться от этой дилеммы, используя научные методы рассуждения.

Но сначала я хотел бы вкратце остановиться на отношении к этой проблеме представителей некоторых философских школ после Канта.

Не имея возможности подробно изложить предысторию проблемы трансформации субъективных переживаний в объективное знание, ограничусь замечанием, что проблема эта затрагивалась ещё Платоном в его знаменитом образе пещеры. Та же идея была основательно рассмотрена после Платона различными философами, среди которых следует указать мыслителя-скептика Юма. После Канта возникли самые различные толкования этой проблемы.

В некоторых философских системах реальным признаётся только мир одинокого индивида, «собственного Я». В годы моей юности широкое хождение имела книга Макса Штирнера «Единственный и его достояние». Уже по заглавию очевидна «солипсистская» позиция автора, а сам факт, что я всё ещё помню это заглавие, говорит о том, какое впечатление она произвела на меня.

Гораздо более общепринято мнение, которое разделял сам Кант: и без доказательства самоочевидно, что чувственные восприятия различных индивидов идентичны и вопрос только в том, чтобы исследовать этот общий мир явлений. Таких воззрений придерживаются представители так называемых идеалистических систем, развитие которых достигло кульминации в работах Гегеля и некоторых других мыслителей, в том числе в «феноменологии» Эдмунда Гуссерля, лекции которого я посещал в Гёттингене шестьдесят лет назад. Он учил, что знание можно приобрести в мыслительном процессе, называемом «созерцанием сущности» (Wesenschau). Но учение это меня не удовлетворило.

Упомяну также о школе логического позитивизма, корни которого следует искать в работах физика и философа Эрнста Маха. Доктрина этого широко распространённого ныне

учения менее туманна, чем доктрина идеализма, но ещё более радикальна: реальны только непосредственные чувственные восприятия; всё иное, весь мир понятий повседневной жизни и науки нужен только для установления логических связей между чувственными восприятиями. Американский философ Генри Маргенау предложил термин «конструкты» для обозначения этих связей[24]. В наиболее радикальной интерпретации это учение означает отрицание самого существования внешнего мира либо по меньшей мере отказ от его познаваемости. В практической жизни последователи этой доктрины едва ли ведут себя так, как если бы никакого внешнего мира не было.

Все эти учения покоятся на одном и том же предположении, что мир чувственного восприятия «один и тот же» для всех индивидов. Вопрос о том, что именно это означает, остаётся открытым.

Современные «материалисты» объявили все эти учения «идеалистическими» и чуждыми. Они утверждают просто как аксиому, разумеется, что существует реальность, не зависящая от субъекта. В XIX веке их ведущие представители рассматривали эту проблему, по-видимому, подобно наивным реалистам: материя первична, сознание есть одно из её проявлений. Однако такой «механический материализм» нелегко было примирить с результатами быстро прогрессирующей физики. Ибо наука эта ликвидировала примитивные представления о материи, заменив «материю-вещество» на «поле», а в итоге — на ещё более абстрактные идеи. Откликом на этот прогресс явился «диалектический материализм», в котором сохранился старый термин «материя», понимаемый теперь столь широко, что от его первичного смысла ничего не осталось, как это случилось и с использованием некоторых других слов (не только в естественных науках). Фундаментальной аксиомой материализма служит теперь утверждение о «существовании реального, объективного, познаваемого внешнего мира», так что проблема, увлечшая и терзавшая умы стольких мыслителей, становится строго соблюдаемым верованием.

Каково же мнение физиков или вообще учёных о проблеме реальности?

Я склонен думать, что большинство из них наивные реалисты, которые не станут ломать голову над философскими тонкостями. Они довольствуются наблюдением явления, измерением и описанием его на характерном языке научных идиом. Поскольку им приходится иметь дело с измерительными инструментами и установками, они пользуются обычным языком, расцвеченным специфическими терминами, как водится в любом ремесле.

Однако стоит им начать теоретизировать, то есть интерпретировать свои наблюдения, как они используют другие средства коммуникации. Уже в ньютоновской механике — первой физической теории в современном понимании — появляются понятия вроде силы, массы, энергии, которые не соответствуют обычным вещам. С развитием исследований такая тенденция становится всё более отчётливой. В максвелловской теории электромагнетизма была развита концепция поля, совершенно чуждая миру непосредственно ощущаемых вещей. В науке становятся всё более превалирующими количественные законы в виде математических формул типа уравнений Максвелла. Именно так случилось в теории относительности, в атомной физике, в новейшей химии. В конце концов в квантовой механике математический формализм получил довольно полное и успешное развитие ещё до того, как была найдена какая-то словесная интерпретация этой теории на обычном языке, причём и поныне идут нескончаемые споры о такой интерпретации.

Куда же идёт наука? Математические формулировки не являются самоцелью в физике в отличие от чистой математики. Однако формулы в физике — это символы некоторого рода реальности «по ту сторону повседневного опыта». По-моему, факт этот тесно связан с таким вопросом: как объяснить возможность получения объективного знания из субъективного опыта?

К решению упомянутой проблемы я намереваюсь приступить с помощью рассуждений, используемых физиками. Философские системы являются источником незначительно малой части физических методов. Физические методы именно потому и были

развиты, что традиционное мышление философов оказалось непригодным. Сила физических методов познания видна уже из того факта, что они оказались успешными. Я имею в виду не только их вклад в понимание явлений природы, но и то, что они привели к открытию новых, нередко совершенно неожиданных явлений, к усилению власти человека над природой.

Тем не менее предлагаемые мною соображения не подпадают под рубрику «эмпиризм», на который с таким презрением смотрят метафизики. Принципы рассуждений физиков не выведены непосредственно из опыта, а являются чистыми идеями, результатами творчества великих мыслителей. Однако принципы эти испытаны в чрезвычайно обширной экспериментальной области. Легко видеть, что у меня нет намерения заниматься философией науки, но философию я собираюсь рассмотреть с научной точки зрения. Не сомневаюсь, что метафизикам это не понравится, но не знаю, чем можно им помочь.

Для начала перечислю некоторые из физических методов рассуждений, укажу их происхождение и достоинства.

Фундаментальный принцип научного мышления состоит в следующем: некоторое понятие используется лишь в том случае, если можно решить, доказать, применимо ли оно в том или ином конкретном случае, есть ли прецедент такой применимости. Для этого принципа я предлагаю термин «разрешимость» («decidability»).

Когда в электродинамике и оптике движущихся сред физики встретились с очевидно непреодолимыми трудностями, Эйнштейн обнаружил, что эти трудности могут быть сведены к предположению, что понятие одновременности событий в различных системах отсчёта имеет абсолютный смысл. Он показал, что это предположение не соблюдается в силу того факта, что скорость света, используемого для обмена сигналами (между различными системами), конечна; с помощью физических средств можно установить лишь относительную одновременность для вполне определённых (инерциальных) систем отсчёта. Эта идея приводит к специальной теории относительности и к новой доктрине пространства-времени. Кантовские же идеи о пространстве и времени как об априорных формах интуиции тем самым окончательно опровергаются.

На самом же деле сомнения в идеях Канта возникли много раньше. Вскоре после смерти Канта была открыта — Гауссом, Лобачевским, Больяи — возможность построения неевклидовой геометрии.

Гаусс предпринял попытку экспериментально решить вопрос о корректности евклидовой геометрии, измеряя углы треугольника, образованного тремя вершинами холмов Брокен, Инзельсберг, Хохе Хаген (в окрестностях Гёттингена). Но он не обнаружил отклонения суммы углов от евклидовского значения 180° . Его последователь Риман был одержим идеей, что геометрия является частью эмпирической реальности. Риман достиг важнейшего обобщения, математически разработав идею об искривлённом пространстве.

В эйнштейновской теории гравитации, обычно называемой общей теорией относительности, опять был использован принцип разрешимости. Эйнштейн начал с того установленного факта, что в гравитационном поле ускорение всех тел одинаково, не зависит от массы тел. Наблюдатель в замкнутом ящике не может, таким образом, распознать, чему именно обязано ускорение некоторого тела относительно ящика: гравитационному полю или ускоренному движению ящика в противоположном направлении. Из такого простого соображения и была развита грандиозная структура общей теории относительности, основным математическим аппаратом которой оказалась упомянутая выше риманова геометрия, применённая в данном случае к четырёхмерному пространству — комбинации обычного пространства и времени.

Все эти сведения я привожу для того, чтобы проиллюстрировать всю мощь и богатство принципа разрешимости. Ещё одним успехом этого принципа является квантовая механика. Вспомним, в каких трудностях погрязла боровская теория орбитального движения электронов в атоме после потрясающего успеха на первых порах. И вот Гейзенберг обратил внимание на то, что теория Бора работала с величинами, которые оказались принципиально ненаблюдаемыми (с такими, как электронные орбиты

определённых размеров и периодов), Гейзенберг наметил новую теорию, в которой были использованы только те понятия, действительность которых эмпирически разрешима. Эта новая механика, в разработке основ которой участвовал и я сам, ликвидировала ещё одну априорную категорию Канта — причинность. Причинность классической физики всегда интерпретировалась (в том числе, несомненно, и самим Кантом) как детерминизм. Новая квантовая механика оказалась не детерминистической, а статистической (к этому я ещё вернусь). Её успех во всех отраслях физики неоспорим.

Я считаю вполне разумным применение «принципа разрешимости» и к философской проблеме возникновения объективной картины мира.

Напомним, что начали мы со скептического вопроса: неужели можно из субъективного мира чувственного опыта вывести существование объективного внешнего мира?

В самом деле, «механизм» такого вывода является врождённым и настолько естественным, что сомнения в его возможности выглядят довольно странными. Однако сомнения эти существуют, и все попытки найти решение данной проблемы — и в духе кантовской «вещи в себе», и в виде «теории отражения» — я считаю неудовлетворительными, поскольку решения эти нарушают принцип разрешимости.

Кстати, невозможность доказать то, что я вижу такой же зелёный цвет, что и вы, обусловлена попыткой достичь соглашения об одиночном чувственном впечатлении. Нет никаких сомнений, что это невозможно.

Однако для двух впечатлений, исходящих от одного в того же органа чувств, например впечатлений о двух цветах, коммуникабельные, доступные объективной проверке утверждения уже возможны. Эти утверждения относятся к сопоставлению двух впечатлений, в частности к отношению равенства или неравенства. (Вместо того чтобы говорить здесь о равенстве или неравенстве, было бы лучше говорить о нераспознаваемости или распознаваемости, однако такие психологические тонкости несущественны для логики наших рассуждений.) В том, что два индивида могут прийти к согласию насчёт таких сравнений, сомневаться не приходится. И хотя я никому не могу описать другому человеку, что ощущаю, если я называю предмет зелёным, но мы сможем вместе разобраться и прийти к согласию насчёт того, что два листика, которые, по-моему, одного и того же оттенка, ему тоже кажутся одинакового оттенка. Кроме «равенства», существуют и другие парные отношения, также коммуникабельные и объективные, чаще всего по типу «больше — меньше», к ним принадлежат отношения «ярче — темнее», «сильнее — слабее», «горячее — холоднее», «твёрже — мягче» и т. д. Но нет нужды обсуждать эти варианты. Достаточно упомянуть о существовании коммуникабельных свойств для пар (впечатлений).

В физике этот принцип объективизации хорошо известен и систематически применяется. Цвета, звуки, даже формы рассматриваются не поодиночке, а парами. Каждый начинающий физик изучает методику так называемого нулевого отсчёта, например в оптике, где настройка измерительного прибора ведётся до тех пор, пока не исчезнет воспринимаемая разница (по яркости, оттенку, насыщенности) между двумя полями зрения. Показание шкалы прибора при этом означает наблюдение геометрического «равенства» — совпадения стрелки с делением шкалы. Главная часть экспериментальной физики состоит в такого рода регистрациях показаний на шкалах приборов.

Тот факт, что коммуникабельные объективные утверждения становятся возможными путём сравнения, имеет огромную важность, поскольку в этом сравнении — истоки устной и письменной информации, а также наиболее мощного интеллектуального инструмента — математики. Я предлагаю использовать термин «символы» для всех этих средств общения между индивидами.

Символы (в данном контексте) — это легко воспроизводимые визуальные или звуковые сигналы, точная форма которых не столь важна: достаточно хотя бы грубого воспроизведения. Если я пишу (или произношу) A и ещё кто-нибудь также пишет (или произносит) A , то каждый из нас воспринимает своё собственное A и другое A как

одинаковые, как одно и то же A , либо оптическое, либо акустическое. При этом важно соблюдение хотя бы грубого равенства или некоторого подобия (математик здесь указал бы на топологическое сходство) без соблюдения одинаковости в таких частностях, как высота голоса, размашистость почерка, типографский шрифт.

Символы являются носителями информации при сообщении между индивидами и тем самым имеют решающее значение для возможности объективного знания.

Гёте в своих «Максимах и рефлексиях» писал: «Существует некая неизвестная регулярность в объекте, которая соответствует неизвестной регулярности в субъекте».

Я привожу эту цитату не только в связи с обсуждением субъективности, но и из-за слова «соответствует». Гёте с его даром предвидения использует концепцию, которую можно назвать первичной (Urbegriff) для любого обучения, познания, понимания. Я говорю «первичной», переводя соответствующим образом приставку Ur, которую сам Гёте использует во многих подобных случаях: «первичное растение» (Urpflanze) в его доктрине о метаморфозах, «первичный феномен» (Urphänomen) в его теории цветов. Вместо слова «соответствовать» теперь часто пользуются словом «соотносить».

Выражение «ребёнок учится говорить» означает, что он учится соотносить слова и предложения с вещами, личностями, действиями, восприятиями. Письмо есть соотнесение видимых символов с такими явлениями или соответствующими словами. Счёт есть соотнесение выученных наизусть чисел 1, 2, 3 ... с последовательностью в чём-то сходных вещей. В современной математике этот принцип распространён на бесконечное множество объектов в так называемой теории множеств, начало которой положил Георг Кантор. Он показал, например, что невозможно установить такое же взаимно одно-однозначное соответствие между точками на линии (отрезке) и множеством всех целых чисел (1, 2, ... до бесконечности). Открытие Кантора означает, что существуют различные бесконечные множества.

В геометрии точки пространства связаны с группами чисел, называемых координатами. Тем самым каждому геометрическому факту соответствует аналитическая формула, теорема. Существенная особенность математики заключена не в числах, а именно в идее координации, согласованности[25]. В математике есть весьма обобщённые и фундаментальные доктрины вроде теории групп, где числа играют лишь незначительную роль. В физике первым собственно физическим (не чисто механическим) открытием явилось то, что можно назвать идеальным примером соотнесения. Это было открытие Пифагором числовых отношений, характерных для музыкальных интервалов; октава, квинта, кварта и т. д. соответствуют отношениям длин звучащей струны 2:1, 3:2, 4:3 и т. д. Имеется в действительности парное соответствие между слуховым, зрительным или мускульным восприятием (музыкальные интервалы, длина струны) и числами.

Измерение интенсивности нагрева (температуры) термометром является процессом соотнесения ощущения тепла с геометрической величиной (длиной столбика ртути, положением стрелки гальванометра), а тем самым — опять с числом (значением на шкале).

Химия соотносит вещества с комбинациями символов, представляющих собой сокращённые обозначения названий элементарных субстанций (атомов). Историческим корнем этой процедуры служит тот факт, что соотнося атомные веса с символами элементов, можно узнать молекулярные веса — по комбинациям атомных символов для данной молекулы, а соотнесение валентности с символами атомов даёт возможность предсказывать химические реакции. Позднее этот элементарный метод описания химической связи сделался составной частью общей атомной теории.

Указанное нами соответствие чувственных восприятий и символов устанавливается в любой области опыта.

Для нужд обыденной жизни этого достаточно: слова и выражения языка, высказанные или написанные, соответствующие ощущениям, эмоциям и т. п., заучиваются и используются без дальнейшего углублённого анализа (наивный реализм). Именно таким образом отображение мира формируется в сознании обычного человека, а художественная

литература подаёт всё это в изящной форме.

Наука совершает следующий шаг. Не знаю, имеет ли силу то, что я собираюсь сказать, для всех точных и гуманитарных наук. Я имел намерение высказаться лишь о тех точных науках, с которыми знаком, в которых используются математические символы, причём символы эти играют специфическую роль: они раскрывают структуры.

Математика как раз и представляет собой обнаружение и исследование структур мышления. Эти структуры зашифрованы в виде математических символов. Простейшим математическим объектом является ряд целых чисел 1, 2, 3 ..., состоящий из символов, которые можно комбинировать по определённым правилам — арифметическим аксиомам. Наиболее важным является правило внутреннего соотношения: для каждого целого числа существует такое, которое за ним следует[26]. Правилами этими определяется огромное число структур, например простые числа с их замечательными свойствами и сложным распределением, теорема взаимности квадратичных вычетов и т. д. Геометрия должна оперировать с пространственными структурами, которые аналитически выступают в виде инвариантов преобразований. В теории групп дело имеет со структурами, которые возникают при повторении определённых наборов операций, таких, как перестановки (букв и др.) или операции симметрии наподобие вращений, зеркальных отражений и др.

Перечисленные структуры являются структурами чистого мышления. Переход к реальности совершается теоретической физикой, которая коррелирует символы с наблюдаемыми явлениями. Там, где это может быть сделано, зашифрованная структура соотносится с явлением; эти же самые структуры рассматриваются физиками как объективная реальность «по ту сторону субъективных явлений».

Описать всю эту процедуру с её бесконечным многообразием невозможно. Остаётся подчеркнуть один исторический момент: со времён Ньютона упомянутые структуры представляют в виде дифференциальных уравнений, ими пользуются, к ним привыкли. Дело в том, что структуры эти позволяют осуществлять непосредственную связь с результатами экспериментирования на обычных объектах повседневной жизни. Механика Галилея начиналась именно с таких экспериментов. Затем Ньютон обобщил понятия механики таким образом, что они стали применимы к небесным телам. В первых оптических теориях использовались механические модели. Пространство предполагалось заполненным некоторой субстанцией, называемой эфиром — носителем колебаний, в соответствии с законами механики. Даже Максвелл открывал и популяризировал свои уравнения поля вначале именно при помощи образа скрытых механизмов. Механические модели использовались и в ранний период создания атомной теории, как и в кинетической теории газов, где атомы считались маленькими упругими шариками, которые отталкиваются друг от друга и от стенок контейнера.

Весьма медленно и вопреки сильной оппозиции распространялось убеждение, что модели не только не необходимы, но даже мешают прогрессу.

Первым выдающимся примером явилась трактовка Генрихом Герцем максвелловской теории электромагнитного поля. Герца нельзя назвать чистым теоретиком, ибо именно ему мы обязаны экспериментальным подтверждением теории поля — открытием существования электромагнитных волн, причём он считал поле самостоятельной сущностью, описывать которую следует без механических моделей.

С тех пор развитие физики неодолимо идёт в этом направлении. Явления природы нет необходимости сводить к моделям, доступным нашему воображению и объяснимым на языке механики. Явления имеют свою собственную математическую структуру, непосредственно выводимую из опыта.

Такое изменение воззрений вступило в решающую стадию в 1900 году, когда Планк, исследуя тепловое излучение, открыл новую мировую константу — квант действия. Открытие это не укладывалось ни в систему ньютоновской механики, ни в рамки физических теорий, построенных по образцу этой механики. Правда, модель движения электронов в атоме, предложенная Нильсом Бором, была микромоделью движения планет.

Однако «допустимыми» были не все орбиты электронов, а только орбиты определённых «стационарных» состояний, характеризующихся неклассическими, «квантовыми» условиями. Переходы между этими состояниями — «квантовые скачки» — подчиняются правилам, подобных которым не было в механике. И когда это развитие физики увенчалось установлением законов квантовой механики, наступил конец эпохе механических моделей, а вместе с тем — конец причинному описанию в духе классической физики.

Таким образом, физика обрела свободу, необходимую для усвоения всевозрастающего количества наблюдений и измерений. Теперь физики пытаются найти математическое описание, подходящее к некоторой области экспериментирования, исследовать структуру этого описания, считая её представляющей физическую реальность, причём не важно, сообразуется ли эта структура с привычными вещами. В качестве примеров упомяну искривлённое пространство макромира в космологии, а также атомы, ядра и элементарные частицы в микромире; эти примеры имеют мало общего с нашим привычным окружением.

И всё же предстоит добиться ещё большей свободы, прежде чем физика сможет претендовать на право называть свои структуры изображениями реальности, скрытой «по ту сторону» явлений.

Философия всегда склонна даже в наши времена к окончательным, категорическим суждениям. И тенденция эта существенно влияет на науку. Первые физики, например, считали детерминизм ньютоновской механики особым достоинством этой теории.

Но уже в XVIII столетии в физике появляется понятие вероятности, когда попытки разработать молекулярную теорию газов привели к истолкованию наблюдаемых величин (вроде давления) как средних по молекулярным столкновениям. В XIX столетии кинетика газов стала вполне развитой теорией, вслед за которой получила развитие статистическая механика, применимая ко всем субстанциям: газообразным, жидким, твёрдым. Понятие вероятности после систематического применения стало неотъемлемой частью физики.

Применение вероятностных концепций обычно оправдывалось человеческой неспособностью строго и точно решать задачи с огромным числом частиц, в то время как элементарные процессы, например атомные столкновения, предполагались подчиняющимися законам классической детерминистической физики[27].

После открытия квантовой механики такое предположение устарело. Элементарные процессы оказались подчинёнными не детерминистическим, а статистическим законам — в соответствии со статистической интерпретацией квантовой механики.

Я убеждён, что такие идеи, как абсолютная определённость, абсолютная точность, конечная и неизменная истина и т. п., являются призраками, которые должны быть изгнаны из науки.

Из ограниченного знания нынешнего состояния системы можно теоретически вывести прогнозы ожидания для будущей ситуации, выраженные на вероятностном языке. Любое утверждение о вероятности с точки зрения используемой теории либо истинно, либо ложно[28].

Это смягчение правил мышления представляется мне величайшим благодеянием, которым одарила нас новейшая физика, новейшая наука. Ибо вера в то, что существует только одна истина и что кто-то обладает ею, представляется мне корнем всех бедствий человечества.

Прежде чем решиться на последний шаг в этих рассуждениях, я хотел бы напомнить их отправной пункт: речь шла о шоке, который испытывает каждый мыслящий человек, когда вдруг понимает, что индивидуальное чувственное впечатление некоммуникабельно, а следовательно, чисто субъективно. Любой, кто не испытал этого на себе, наверняка будет считать всю эту дискуссию софистикой. В некотором смысле это справедливо. Ибо наивный реализм является естественной позицией, вполне соответствующей тому месту в природе, которое принадлежит человеческой расе да и всему миру животных с биологической точки зрения. Пчела распознает цветы по их окраске или аромату. Философия ей ни к чему. И если ограничиваться обыденными вещами повседневной жизни,

то проблема объективности выглядит как надуманные философские измышления.

Не так, однако, обстоит дело в науке, где зачастую приходится иметь дело с явлениями, выходящими за рамки обыденного повседневного опыта. То, что вы видите в сильный микроскоп, созерцаете через телескоп, спектроскоп или воспринимаете посредством того или иного электронного усилительного устройства, — всё это требует интерпретации. В мельчайших системах, как и в самых больших, в атомах, как и в звёздах, мы встречаем явления, которые ничем не напоминают привычные повседневные явления и которые могут быть описаны только с помощью абстрактных концепций. Здесь никакими хитростями не удастся избежать вопроса о существовании объективного, не зависящего от наблюдателя мира, мира «по ту сторону» явлений.

Я не верю, что путём логических рассуждений можно найти категорический ответ на этот вопрос. Тем не менее ответ может быть получен, если позволить себе считать ложным любое крайне невероятное утверждение.

Предположение о случайности совпадения структур, распознаваемых при помощи различных органов чувств и могущих быть переданными от одного индивида к другому, как раз и представляет собой в высочайшей степени невероятное утверждение.

Именно таков нормальный ход научных рассуждений и любых исследований даже вне области естественных наук. К примеру, археолог, который обнаружил при раскопках в двух разных странах обломки керамики сходного фасона, сделает заключение, что этот факт не случаен, а говорит об общности происхождения найденных экземпляров керамики.

Я осмелюсь отождествить такие вполне определённые структуры с кантовской «вещью в себе». Возражения, процитированные выше в формулировке Бертрана Рассела, с нашей точки зрения, не имеют силы. Эти возражения сводятся к следующему: существование «вещи в себе» постулируется, поскольку необходима внешняя причина, без которой нельзя понять, почему различные индивиды познают на опыте «одни и те же» явления; но категория причинности имеет какой-то смысл только в пределах области явлений. Однако такое понятие причинности досталось нам в наследство от традиционного образа мышления, и этот пережиток ныне заменяется процессом установления согласованности, описанным выше.

Эта процедура приводит к структурам, которые являются коммуникабельными и контролируруемыми, а следовательно, объективными. Поэтому мы считаем вполне законным называть эти структуры старым термином «вещь в себе». Они являются чистой формой, лишённой всех чувственных качеств, а это всё, что мы можем желать и ожидать.

Такой результат наших рассуждений противоречит, разумеется, традиционному пониманию кантовской «вещи в себе». Гегель, например, так писал в «Энциклопедии философских наук» (раздел 44): «Вещь в себе означает сам объект постольку, поскольку из него исключено всё относящееся к сознанию, чувствам, эмоциям, так же как и ко всем понятиям. Легко видеть, что остаётся совершеннейшая абстракция, идеальная пустота, будто что-то из „потустороннего мира”».

Если объекты новейшей физики, и в частности атомной физики, отождествить с кантовской «вещью в себе», то можно согласиться с Гегелем, что они являются «идеальными абстракциями». Однако утверждение, что эти объекты совершенно пусты или являются чем-то из «потустороннего мира», не ухватывает сути дела. Напомним, каково практическое использование объектов новейшей физики в производстве предметов вроде двигателей, самолётов, ядерных реакторов, пластмасс, электронных вычислительных систем и т. д. Не исключена возможность того, что при помощи результатов ядерных исследований мы будем отправлены в «потусторонний мир». Всё же замечу, что Гегель не это имел в виду. Этого он предвидеть не мог.

Системы уравнений, формулы физики не обязательно символизируют то, что можно наглядно себе представить, что знакомо по опыту. И всё же формулы эти выведены из опыта при помощи абстракции и непрерывного процесса экспериментальной проверки и отбора гипотез. С другой стороны, исследовательские инструменты физиков изготовлены из

материалов, которые могут быть известны из повседневной жизни и которые можно описать на обычном языке. Результаты, получаемые с помощью этих инструментов, такие, как экспонированные фотопластинки, цифровые таблицы или графики, имеют аналогичный характер. Треками капелек в камере Вильсона регистрируется пролёт частиц, а периодическое распределение потемнения на фотопластинке говорит об интерференции волн. Отказ от такой интерпретации парализовал бы интуицию — источник творчества исследователя, затруднил бы научные контакты учёных.

Таким образом, физики должны стремиться описывать суть своих абстрактных формул, насколько это возможно, на обычном языке, интуитивными понятиями. При этом встречаются специфические трудности, изученные копенгагенской школой Нильса Бора. Он показал, что атомные процессы можно описывать на языке «классических» понятий, если только при этом воздерживаться от одновременного описания всех свойств физической системы. Для исследования всех возможных свойств физической системы необходимы различные, взаимно исключающие, но «дополнительные» экспериментальные установки. Экспериментаторы свободны выбирать, какие именно установки следует подключать к опыту. Тем самым в физику проникает неустранимая примесь субъективности. Объективность отчасти утрачивается также благодаря тому, что предсказания физической теории всегда вероятностны: разные предсказания вызывают различную степень ожидания.

Принцип дополнительности представляет собой совершенно новый метод мышления. Открытый Бором, он применим не только в физике. Метод этот приводит к дальнейшему освобождению от традиционных методологических ограничений мышления, обещая важные результаты. Однако рассмотрение этого принципа увело бы нас слишком далеко.

Хочу заметить, что новейшая отрасль физических исследований — теория элементарных частиц — всё ещё пребывает, по-видимому, в области абстракции. Хотя теория элементарных частиц даёт определённые наблюдаемые предсказания, сами элементарные процессы едва ли могут быть интуитивно поняты. Известная формула Гейзенберга — «волновое уравнение для всей мировой материи» — представляет собой, по моему, утверждение об абстрактной «вещи в себе» без непосредственной корреляции с чувственными впечатлениями.

Здесь можно заметить, что поворот к абстрактному является очевидной тенденцией нашего времени. Обращение к абстракции можно наблюдать и в искусстве, в абстрактных картинах и скульптурах в частности. Однако параллелизм этот всего лишь кажущийся. Ибо представляется мне, что художники модерна избегают ассоциаций и интеллектуальных интерпретаций, сосредоточиваясь на эффектах зрительного восприятия.

Физик, с другой стороны, использует чувственные восприятия в качестве материала для конструирования интеллектуального мира. Слово «абстракция» в двух упомянутых случаях употребляется с противоположными значениями.

Всё же мы, учёные, должны всегда помнить, что весь опыт базируется на чувствах. Теоретик, погрязший в своих формулах, забывший о явлениях, которые он собирался объяснять, — это уже не настоящий учёный — физик или химик; а если своими книгами он загораживается от красоты и разнообразия природы, то для меня он жалкий глупец. Ныне мы достигли разумного равновесия между экспериментом и теорией, между чувственной и интеллектуальной реальностью. И мы должны следить за тем, чтобы такое равновесие сохранилось.

Мы должны также заботиться о том, чтобы научное абстрактное мышление не распространялось на другие области, в которых оно неприложимо. Человеческие и этические ценности не могут целиком основываться на научном мышлении. Правда, Кант пытался построить этическую систему в соответствии с моделью категорий при помощи своего знаменитого «категорического императива». Однако действительность его предписаний недоказуема в принятом нами смысле этого слова. Рецепты Канта предназначены для того, чтобы их просто принять к исполнению, поверить в них. Сколь ни привлекательно для учёного было бы абстрактное мышление, какое бы оно ему ни

приносило удовлетворение, какие бы ценные результаты оно ни давало для материальных аспектов нашей цивилизации, чрезвычайно опасно применять эти методы там, где они теряют силу, — в религии, этике, искусстве, литературе и других гуманитарных сферах человеческой деятельности.

Таким образом, совершая экскурс в философию, я намеревался не только осветить основы науки, но и выступить с предостережением о разумном ограничении применения научных методов.

Глава 6. На что надеяться?

Слово «надежда» вы едва ли встретите в физической литературе. Научная статья начинается обычно с описания плана эксперимента или с теории, основанной на предположениях. Но в ней вряд ли найдётся какое-либо упоминание о надежде.

И всё же, когда я перебираю в памяти пережитое за свою долгую жизнь в науке, меня не покидает одно чувство — то разочарование, которое я испытывал, когда результат отличался от ожидаемого. Но разочарование возникает, если была надежда.

Нет науки, которая полностью была бы отделена от жизни. Даже самому бесстрастному учёному не чуждо человеческое: он хочет быть правым, желает убедиться, что интуиция не обманывает его, надеется добиться известности и успеха. Эти надежды стимулируют его труд, так же как и жажда знания.

Сегодня вера в возможность чёткого отделения объективного знания от процесса его поисков разрушена самой наукой. В реальной науке и её этике произошли изменения, которые делают невозможным сохранение старого идеала служения знанию ради него самого, идеала, в который верило моё поколение. Мы были убеждены, что это никогда не сможет обернуться злом, поскольку поиск истины есть добро само по себе. Это был прекрасный сон, от которого нас пробудили мировые события. Даже тот, кто погрузился в эту спячку глубже, чем другие, очнулся в августе 1945 года от взрывов первых атомных бомб, сброшенных на японские города. С тех пор мы поняли, что результаты нашей работы полностью связывают нас с жизнью людей, с экономикой и политикой, с борьбой за господство между государствами и что поэтому на нас лежит огромная ответственность.

Атомная бомба, на мой взгляд, была лишь последним звеном в эволюции, которая, уходя в далёкое прошлое, ведёт теперь к кризису, возможно, к последней опустошительной катастрофе. Любая надежда предотвратить её может быть основана лишь на понимании хода развития, который привёл нас к нынешней ситуации.

Мне не дано, да и не моё это дело рассуждать о надежде в абстрактно-философском плане. Я могу только рассказать о моём собственном опыте и об основанных на нём ожиданиях. Я хотел бы на некоторых примерах показать, как достижения науки и техники, использованные для войны, постепенно разрушали этические нормы и привели к нынешнему положению, при котором не осталось никаких ограничений. Из этого состояния нельзя выйти, двигаясь в том же направлении. Можно только остановиться и, быть может, повернуть обратно. Вот на что ещё можно надеяться.

Мои первые сведения о роли современной техники в войне я почерпнул из школьных уроков истории: например, как игольчатое ружьё помогло прусской армии выиграть войну с Австрией в 1866 году и как, однако, французы проиграли войну 1870—1871 годов, несмотря на то что их армия была вооружена винтовкой со скользящим затвором. Это показывает, что в ту пору техническое превосходство, по-видимому, было очень важным, но не решающим моментом. Однако угроза нравственным принципам была замечена, и ей была противопоставлена идея гуманизации войны, нашедшая своё выражение в организации Красного Креста и в Женевских соглашениях, касающихся запрещения определённых видов оружия, защиты гражданского населения и т. п.

В первой мировой войне события развивались иначе. Война началась по-старому маршевыми движениями войск и сражениями. Но вскоре характер войны изменился в корне.

Районы боевых действий установились, началась окопная война, сочетавшаяся с попытками прорыва позиций при помощи сосредоточенного артиллерийского огня. Солдат всё более становился лишь мишенью, объектом, предназначенным для уничтожения сверхчеловеческими силами, порождёнными наукой и техникой. Решающим фактором стала индустриальная мощь страны и техническая эффективность её тыла.

Я играл в этом механизме скромную роль сотрудника некоего военного управления, расположенного в Берлине, где вместе с другими физиками разрабатывал методы так называемой звуковой локации. Этот метод позволяет определять местоположение орудия противника путём измерений моментов прихода звука выстрела к различным наблюдательным пунктам. Даже в этой небольшой и не очень важной области было очевидно, что всё зависит от возможностей промышленности в целом. В приборах для точного измерения времени, которых мы с целью повышения эффективности метода требовали от властей, нам было отказано, потому что для таких пустяков промышленность не могла выделить время, рабочую силу и материалы. Однако когда всё это потребовалось англичанам, они не стали экономить.

Перед наблюдателем, не сбитым с толку патриотической пропагандой, открывалась следующая картина войны: мужская часть молодёжи приносилась в жертву в битве, исход которой на деле предreshался состоянием промышленности в тылу и её снабжением сырьём. Даже тогда всё это казалось мне в высшей степени аморальным и бесчеловечным, и я начинал понимать, что в войне не героизм, а техника становится решающей силой и что под её влиянием война отживает свой век.

Позвольте напомнить два эпизода из времён второй мировой войны, чтобы проиллюстрировать эту мысль; оба они связаны с именем выдающегося химика Фрица Габера. Незадолго до окончания войны он открыл способ получения азота из атмосферного воздуха (как азотной кислоты), создав таким образом первое искусственное удобрение — селитру. Как хорошо известно, она является составной частью ружейного пороха. Германский генеральный штаб, казалось, предусмотрел всё, но не учёл того, что селитра импортировалась из Чили, и теперь ввоз её был прекращён из-за блокады. Без изобретения Габера Германия, возможно, проиграла бы войну через шесть месяцев из-за нехватки ружейного пороха. Таким образом, научная идея и технические возможности её использования в данном случае были решающим фактором мировой истории.

В другой раз Габер вмешался с целью достичь перелома в позиционной войне и добиться подвижности фронта: он изобрёл химическое оружие — отравляющий газ (сначала хлор, а затем значительно более опасные газы), с тем чтобы выкурить противника из окопов. Вначале применение газа было успешным. Но зависимость от ветра и других условий погоды и изобретение противогазов ограничили эффективность применения отравляющих веществ; кроме того, противник вскоре освоил их боевое применение в тех же или ещё больших масштабах.

В этой работе принимало участие много моих коллег, и среди них даже люди, придерживавшиеся строгих моральных принципов. Что касается Габера, то для него защита фатерланда была высшим долгом. Я же переживал душевный разлад. Дело не в том, что газовые гранаты были более бесчеловечным оружием, чем тяжёлые снаряды, а в том, можно ли было признать в качестве оружия отравляющее вещество, то есть яд, с незапамятных времён считавшийся орудием подлого убийства, поскольку без установления границ дозволенного скоро дозволенным могло стать всё. Но лишь много лет спустя, а точнее, после Хиросимы, у меня стали формироваться на этот счёт чёткие убеждения. Если бы это случилось раньше, осознание социальной ответственности учёного определённо нашло бы своё выражение в ранний период моей преподавательской деятельности и, возможно, не так много моих учеников изъявило бы готовность сотрудничать в создании атомной бомбы.

Что в сомнениях своих я не был одинок даже в пору первой мировой войны, стало ясно из одного случая, который произошёл в 1933 году в Кембридже, в Англии, куда я прибыл в качестве эмигранта. Меня приняли очень радушно, между тем Габер,

вынужденный эмигрировать, несмотря на свои заслуги перед Германией в первой мировой войне, был встречен холодно. Лорд Резерфорд, основоположник ядерной физики и один из крупнейших физиков нашего времени, отклонил моё приглашение навестить меня, так как в моём доме должен был присутствовать и Габер. Резерфорд не хотел обмениваться рукопожатием с изобретателем химического оружия. Резерфорд играл большую роль в разработке технических средств обороны для своей страны и ни в коей мере не был пацифистом. Но он проводил для себя черту, за которой орудия уничтожения не должны признаваться оружием. Думаю, он объяснил бы это тем, что без установления моральной демаркационной линии в вопросах применения оружия опустошению не было бы предела, а это могло бы стать началом конца цивилизации.

Эта точка зрения подтвердилась. Химическая война нанесла человечеству решительное моральное поражение. Хотя во второй мировой войне отравляющие газы не применялись и Женевские соглашения запрещали их, всеми воюющими державами были созданы организации для исследования и разработки химического оружия. Едва ли какое-либо государство отказалось бы от его применения, окажись оно выгодным в военном отношении.

После того как моральные ограничения, касающиеся химического оружия, были выброшены за борт, испустил дух принцип, принятый в XIX столетии, — принцип, согласно которому государства могли вести военные действия только против вооружённых сил противника, но не против гражданского населения.

Я не специалист по международному праву и мало читал Гроция и его последователей. Поэтому, не вдаваясь в историю этого принципа, я расскажу лишь о своих впечатлениях по поводу событий, свидетелем которых я был. Ясно, что гражданское население, живущее в зоне военных действий, всегда тяжело страдало. Голодная смерть жителей побеждённых городов и всей страны (даже после прекращения военных действий, как это было после первой мировой войны), по-видимому, также считалась «дозволенной».

Барьер, в какой-то мере ограждавший гражданское население от военных действий, был сломан в результате развития военной авиации во время второй мировой войны. Германия первая начала воздушные налёты на открытые города — Варшаву и другие польские города; затем последовали Роттердам, Осло, Ковентри и после Дюнкерка систематические бомбардировки Лондона. В то время я был в Эдинбурге и часто слышал оскорбительные замечания своих коллег и друзей об этом аморальном способе военных действий, которым Англия никогда-де не последует. Но сей прогноз оказался ошибочным.

Как это случилось? Ведущими авторитетами в вопросах применения бомбардировочной авиации были два английских учёных — Тизард и Линдеман. Начало их карьеры было схожим: после блестящего дебюта на исследовательском поприще у них обоих, по-видимому, возникли сомнения, сумеют ли они стать выдающимися учёными. Поэтому они обратились к административной деятельности и политике.

Тизард, став председателем комитета по противовоздушной обороне, сыграл значительную роль в весьма своевременном создании радиолокационных методов, позволивших небольшим британским ВВС выиграть знаменитую «битву за Англию» и тем самым разрушить планы германского вторжения. Это снискало ему широкое признание.

Влияние Линдемана объяснялось также его работами в области военной техники, но ещё больше — дружбой с Уинстоном Черчиллем. Она началась ещё во время первой мировой войны, после одного случая, в котором Линдеман доказал точность своих расчётов по стабилизации самолётов: лично пилотируя один из таких самолётов, он вывел его из штопора. После этой демонстрации искусства и отваги Черчилль проникся к Линдеману полным доверием, сделал своим первым советником, пожаловал титул пэра и присвоил имя лорда Червелла.

В 1942 году Линдеман-Червелл предложил разрушить рабочие районы больших немецких городов, бросив на них эскадрильи британских бомбардировщиков. Тизард, однако, считал, что воздушные нападения на военные объекты были бы гораздо

эффективнее, — не знаю, повлияла ли на него бесчеловечность плана Линдемана. Черчилль поддержал своего друга Червелла. Позже стало очевидно, что оценка ожидаемого ущерба, который причинила бы тысяча воздушных налётов, была завышена Червеллом примерно в шесть раз, что эти воздушные налёты не могли решить исход войны и что Тизард был прав.

Вот так и случилось, что немецкие города рушились, погребая под своими руинами сотни тысяч мирных жителей. Но с ними рушились и нравственные барьеры, ограждавшие нас от варварства. Злу было противопоставлено большее зло, а последнему ещё большее: я имею в виду так называемое сверхоружие, которое позже было применено немцами.

Это были первые примеры бесчеловечного убийства людей посредством устройств дистанционного управления — без личного риска и, следовательно, без личной ответственности, иными словами, это были боевые действия чисто технического плана — «кнопочная война».

Специалист по международному праву мог бы иллюстрировать эту трагическую историю морального падения гораздо большим количеством примеров: например, случаями из войны на море с той поры, как стали применяться подводные лодки, вспомните потопление «Лузитании» в первую мировую войну.

Технические возможности воюющих сторон завели их так далеко, что они перешли к неограниченному уничтожению гражданского населения, подыскивая этому законные оправдания.

Посмотрим теперь, каковы соотношения численности гражданского населения и солдат, убитых в трёх последних войнах, которые велись без атомного оружия.

В первой мировой войне было убито приблизительно около десяти миллионов человек, из которых 95% составляли солдаты и 5% — мирные жители. Во второй мировой войне было убито 50 миллионов — примерно поровну солдат и гражданского населения (52% к 48%). Во время войны в Корее из девяти миллионов убитых 84% составили мирные жители и только 16% — солдаты. Тем, кто ещё верит в войну как в законный инструмент политики и придерживается традиционных представлений о герое, умирающем ради жены, ребёнка и фатерланда, следовало бы понять теперь, что это мифы, и притом утерявшие свою былую привлекательность.

Ядерное оружие, как известно каждому, ускорило эти тенденции до крайних пределов. Нельзя обвинять людей, которые в то время (1939—1945 гг.) работали над проблемой деления ядра, потому что открытие деления ядра урана было сделано в гитлеровской Германии, и можно было предполагать, что нацисты сделают всё, чтобы на его основе разработать оружие, против которого не было бы защиты. Этого нельзя было допустить.

Но когда в Соединённых Штатах первая бомба была готова к боевому применению, гитлеровская Германия уже капитулировала, а Япония была при последнем издыхании и даже просила через дипломатические каналы о мире.

Затем всё пошло, как в споре Червелла с Тизардом. Военные руководители, в особенности генерал Гроувз, возглавивший проект, имевший целью получение ядерной энергии, думал только о непосредственных военных преимуществах этого предприятия и подсчитывал, сколько человеческих жизней можно было бы спасти, если бы Японию удалось принудить сдаться без вторжения. Жизни японцев, конечно, в расчёт не принимались. Более того, Гроувз не хотел пожертвовать удовольствием продемонстрировать миру «свои» достижения в создании нового чудовищного оружия. Он даже не допускал, чтобы учёные, которые действительно добились выдающихся результатов, могли высказать своё мнение по этому вопросу. Среди них была группа трезво мыслящих людей, которые точно предсказали долговременные тяжкие последствия атомной бомбардировки японских городов и в так называемом докладе Франка предостерегли об этом правительство.

Однако назначенный президентом Трумэном комитет, имевший в своём составе нескольких выдающихся физиков, одобрил атомную бомбардировку. Члены комитета последовали примеру Червелла и перешли, таким образом, границу, которая отделяет нас от

опасного спуска, ведущего человечество к возможному самоуничтожению.

Мне следует теперь лишь кратко напомнить, что попытки установить международный контроль в области атомной технологии успеха не имели. Советский Союз догнал Америку несколько быстрее, чем ожидали. За изобретением водородной бомбы в Америке очень скоро последовало изобретение водородной бомбы в Советском Союзе. Затем в ходе соревнования между великими державами последовала разработка межконтинентальных баллистических ракет. Каждая из великих держав имеет теперь во много раз больше ядерного оружия, чем требуется для уничтожения всего человечества.

Политики знают, что поставлено на карту, и они маневрируют, с тем чтобы поддерживать равновесие страха. Но это неустойчивое равновесие. Люди становятся безразличными к опасности из-за распространения морального паралича; лидеры снова и снова предпринимают попытки прощупать устойчивость этого равновесия, как это было, например, в период кубинского кризиса. На что же остаётся надеяться? Можно ли надеяться, что осознание человечеством сути атомной угрозы принесёт спасение?

Единственное, что может спасти нас, — это старая мечта человечества: всеобщий мир и всемирная организация. Это считалось недостижимым, утопическим. Считалось, что природа человеческая неизменна и поэтому войны всегда были и всегда будут.

Сегодня это больше неприемлемо. Всеобщий мир в мире, который стал меньше, больше не утопия, а необходимость, условие выживания человеческого рода. Мнение, что это так, распространяется всё шире и шире. Немедленный результат этого — паралич старой политики, вызванный тем, что ещё не найдены действенные методы достижения политических целей путём убеждения, без угроз прибегнуть к силе и в конечном счёте к войне.

Много мудрых людей думают над этой проблемой, и я убеждён, что решение может быть найдено, если бы в нашем распоряжении было очень много времени. Эта надежда основывается на опыте моей долгой жизни. Теперь существует бесчисленное множество вещей, которые в пору моей молодости относились к области фантастики. Моя область науки, атомистика и радиоэлектроника, которые привели к глубокому пониманию строения материи, только начинали своё шествие. Любой человек, который описал бы технические приложения этих знаний в том виде, в каком мы их видим сегодня, был бы осмеян. Не было автомобилей и самолётов, не было радиосвязи и радиоприёмников, не было кино и телевидения, не было конвейеров, массового производства и тому подобного. Всё это стало реальностью на моих глазах и привело к экономическим и социальным переменам в жизни людей, более глубоким и фундаментальным, чем что-либо в течение десяти веков минувшей истории: полуфеодальные империи стали социалистическими республиками, разрозненные племена превратились в организованные государства с современными конституциями, начались исследования космического пространства, и никого уже не удивляют самые дерзкие, дорогостоящие планы астронавтики.

Но при всём этом возникает один вопрос, кстати говоря наиболее важный: должны ли политические, экономические, идеологические споры решаться только при помощи силы или войны? Должен ли постулат о неизменности человеческой природы оставаться неоспоримым, поскольку-де она, человеческая природа, всегда была такой и такой пребудет.

Мне это кажется абсурдным, даже если такое проповедуют видные политики и философы. До тех пор пока эта аксиома не будет отброшена, человечество осуждено на уничтожение. Наша надежда зиждется на союзе двух духовных сил: это нравственное сознание неприемлемости войны, выродившейся в массовое убийство беззащитных, и рациональное знание несовместимости ведения войны с помощью современных технических средств уничтожения с возможностью выживания человеческого рода.

Вопрос только в том, имеем ли мы достаточно времени для того, чтобы эти истины возымели своё действие. Ибо современное положение чрезвычайно неустойчиво и благодаря своему внутреннему механизму становится день ото дня всё более опасным. Ошибка человека или аппарата, слепое пристрастие политического лидера или приступ массового

националистического психоза могут в любой момент привести к катастрофе. Мы не можем быть гарантированы от ужасающих событий до тех пор, пока не произойдут изменения в образе мысли и действий людей.

Но мы должны надеяться! Когда надеются на хорошую погоду или на выигрыш в лотерее, то такая надежда не влияет на исход событий: если пойдёт дождь или же мы ничего не выиграем, то с действительностью надо примириться. Но в условиях сосуществования людей и в особенности в политике надежда становится движущей силой. Только если у нас есть надежда, мы действуем так, чтобы приблизить её исполнение. Мы не должны знать усталости в борьбе с аморальностью и безрассудством, которые сегодня всё ещё правят миром!

Здесь я хотел бы привести слова великого человека, не политического деятеля или философа, а человека практического, здравого смысла, врача и лауреата Нобелевской премии Герхарда Домагга, чьи открытия в области химиотерапии сохранили здоровье и жизнь бесчисленному множеству людей. Это, как он говорит, «и признание и мольба, которые в то же время являются предупреждением, полным надежды».

Вот как это выражено: «Что в конечном счёте важно в этом мире? Чтобы мы, отдельные индивиды, вступали в контакты друг с другом, стараясь понять и помочь друг другу всем, чем мы располагаем. Для нас, врачей, это естественно. Почему же это невозможно для всех остальных людей? Не говорите мне, что это утопия! Каждое открытие в своё время считалось утопией. Почему мы снова должны ждать следующей пробы сил великих держав — мы ведь достаточно пострадали, чтобы стать мудрыми. Но удобней придерживаться старых обычаев, удобней следовать за сильными лидерами — холериками, параноиками и другими психически ненормальными личностями, — чем думать самим и искать новые пути примирения, вместо того чтобы уничтожать друг друга».

Это простые слова. Они принадлежат человеку, который борется за жизнь, — человеку, который не только надеется спасти людей от болезней, но отдаёт все свои знания и способности этому делу.

От нас зависит, от каждого отдельного гражданина в любой стране мира, чтобы существующей нелепости был положен конец. Сегодня нам угрожают не холера и не бацилла, а традиционно циничный образ мышления политиканов, равнодушие масс и потеря чувства ответственности физиками и другими учёными. То, что они совершили, как я пытался объяснить, не может быть переделано: знания нельзя уничтожить, а техника имеет свои законы развития. Но учёные могут и должны использовать тот авторитет, который они завоевали своими знаниями и способностями, чтобы указать политическим деятелям дорогу к благоразумию и гуманности в духе Гёттингенского форума учёных.

Каждый из нас должен бороться против официальной лжи и покушений на права людей, против утверждений, что от ядерного оружия можно укрыться в убежищах или спастись при помощи чрезвычайных мер, против подавления мнения тех, кто пытается разъяснить общественности суть дела, против узколобого национализма, жажды господства над всем и вся и в особенности против тех теорий, которые провозглашают непогрешимость своих доктрин и таким образом расчлняют мир на непримиримые лагери.

Надежда ещё есть, но она исполнится, только если мы ничего не пожалеем для борьбы против недугов нашего времени.

Приложение. Натуральная философия причины и случая

Из книги Макса Борна «Natural Philosophy of Cause and Chance»; см. сноску [14], стр. 33.

Введение

Понятия причины и случая, о которых пойдёт речь, являются не специфически физическими понятиями, а имеют гораздо более широкий смысл и применение. Они используются более или менее осознанно и в повседневной жизни. Они применяются не только в точных науках, но также в истории, психологии, философии и теологии — повсюду, с различными смысловыми оттенками. Я не в силах дать обзор всех этих применений или проанализировать точное значение слов «причина» и «случай» в каждом из них. Однако должна быть, очевидно, некая общая особенность в использовании этих понятий, подобно теме в гамме музыкальных вариаций. В самом деле, «причина» служит для выражения идеи необходимости в отношениях между событиями, в то время как «случай» означает как раз противоположное — полную беспорядочность. Природа, как и дела человеческие, кажется подверженной как потребностям, так и случайностям. И всё-таки даже случайность не вполне произвольна, ибо имеются законы случайности, сформулированные в математической теории вероятностей; однако случайность препятствует использованию соотношения причина — результат для предсказания будущего с определённой, которая потребовала бы недостижимо полного знания всех обстоятельств — настоящих и прошедших, относящихся к задаче предсказания. Литература по этой проблеме не содержит ни удовлетворительного решения, ни единогласия. Только в физике предпринята попытка систематического непротиворечивого использования понятий причины и случая. В других областях налицо безнадежная путаница идей. Физики формируют свои понятия, интерпретируя эксперименты. Метод этот, грубо говоря, может быть назван натуральной философией — термином, всё ещё бытующим в шотландских университетах для обозначения физики. Именно в этом смысле я попытаюсь исследовать концепции причины и случая. Материал я буду привлекать преимущественно из области физики, но рассматривать его я попытаюсь с философских позиций, и я надеюсь, что полученные результаты окажутся полезными всюду, где бы ни применялись концепции причины и случая. Я знаю, что некоторые философы, которые утверждают, что наука является лишь ограниченной точкой зрения на мир, и те, кто не придаёт большого значения человеческим умственным способностям, отнюдь не благосклонно встретят такую попытку. Правда и то, что у многих учёных вообще не развито философское мышление. Они проявляют, скорее, искусство и изобретательность, но не так уж много мудрости. Едва ли стоит далее распространяться на этот счёт.

Практическое применение науки даёт нам не только средства для обильной и роскошной жизни, но предоставляет также и средства разрушения и опустошения в широких масштабах. Мудрый человек предпочёл бы рассмотреть возможные последствия своей деятельности, прежде чем начать эту деятельность; учёным же этого сделать не удалось, и только теперь они начинают отдавать себе отчёт в своей ответственности перед обществом. Они получили признание как люди действия, но потеряли его как философы.

Всё-таки история показывает, что ведущую роль в развитии человеческого сознания играет наука. Она не только поставляет сырой материал философии, собирает факты, но и развивает фундаментальные концепции о том, как обращаться с этими фактами. Достаточно упомянуть систему Коперника и ньютоновскую динамику, которую та породила. Эти теории дали начало таким концепциям пространства, времени, материи, силы и движения, которые долгое время оставались в силе и оказали могущественное воздействие на многие философские системы. Говорят, что метафизика любого периода является прямым потомком физики предшествующего периода. И если это правда, то мы, физики, обязаны объяснять наши идеи не слишком специальным языком. Разумеется, попытки полностью избежать языка математики не приводят к успеху, вызывают топорность стиля и потерю ясности. Попытки же свести всю высшую математику к элементарным методам в евклидовском стиле — следуя прославленному примеру «Начал» Ньютона — приводят к ликвидации эстетической привлекательности при ещё большем возрастании громоздкости. Лично я думаю, что более двух веков после Ньютона должно было хватить для некоторого прогресса в употреблении математики теми, кто интересуется натуральной философией. Так что я

предпочитаю подходящую смесь обычного языка и формул. Доказательства теорем не обязательно приводить для неспециалистов, но мне не нравится заменять строгое математическое рассуждение той смесью литературного стиля, авторитетности и таинственности, которую часто употребляют популяризирующие и философствующие учёные. Соответствующий стиль изложения позволяет физику пролить некоторый свет на проблему причинности и случайности, которая важна не только для абстрактного знания, но и для поведения человека. Неограниченная вера в причинность неизбежно приводит к идее о том, что мир является автоматом, а мы сами — лишь маленькие зубчатые колёсики этого автомата. Этот детерминизм во многом напоминает детерминизм религиозный, принятый различными вероучениями, проповедующими, что действия человека с самого начала предопределены Господом. Здесь нет возможности распространяться о всех трудностях, к которым приводит эта идея с точки зрения этических норм. Понятие божественного предназначения противоречит понятию свободной воли не меньше, чем предположение о бесконечной цепи естественных причин. С другой стороны, неограниченная вера в случай невозможна, так как бессмысленно отрицать, что в мире очень много упорядоченности, а отсюда допустимо существование хотя бы «упорядоченной случайности». И вот приходится постулировать законы случая, в которых предусматривается проявление законов природы или законов человеческого поведения. Такая философия оставляет достаточный простор для свободы воли и даже для волевых действий богов и демонов. Все политеистические примитивные религии фактически основаны, по-видимому, на следующей концепции природы: ни с того ни с сего может случиться что угодно, кроме того, что не угодно неким духам, у которых своя цель. Сегодня мы отвергаем эту демонологическую философию, но допускаем случайность в сферу точной науки. Наша философия дуалистична: природа управляется как бы запутанным клубком законов причины и законов случая. Возможно ли это? Нет ли здесь логических противоречий? Можно ли развернуть этот клубок идей в согласованную систему, в которой все явления могут быть адекватно описаны или объяснены? Что именно мы подразумеваем под таким объяснением, если учитывается специфика случайности? Какими окажутся несводимые или метафизические принципы? Имеется ли в этой системе какой-нибудь простор для свободы воли или для божественного вмешательства? Могут быть заданы не только эти вопросы. Я постараюсь ответить на некоторые из них с позиций физика, на другие, исходя из моих философских убеждений, которые являются не более чем здравым смыслом, улучшенным спорадическим чтением. Часто повторяемое многими утверждение, что новейшая физика отбросила причинность, целиком необоснованно. Действительно, новейшая физика отбросила или видоизменила многие традиционные идеи; но она перестала бы быть наукой, если бы прекратила поиски причин явлений. Таким образом, я усматриваю необходимость в формулировании различных аспектов фундаментальных понятий посредством определений, согласующихся с обычным языком. Эти фундаментальные понятия позволяют проследивать развитие физической мысли и использовать результаты такого анализа для рассмотрения общефилософских проблем...

Причинность и детерминизм

Причинность тесно связана с детерминизмом, и всё же понятия эти кажутся мне не идентичными. Более того, причинность имеет немало различных оттенков. Я попытаюсь показать различие этих понятий, а в итоге дать их определения.

Соотношение причина — следствие используется главным образом двумя способами, которые я проиллюстрирую примерами, взятыми частично из обыденной жизни, частично из науки. Возьмём следующие утверждения:

«Перенаселённость является причиной бедности индийского народа».

«Институт монархии — причина стабильности британской политики».

«Экономические условия являются причиной войн».

«На Луне нет жизни по причине отсутствия атмосферы, содержащей кислород».

«Сродство молекул — причина химических реакций».

Простой особенностью, к которой я хотел бы привлечь внимание, является тот факт, что этими сентенциями устанавливаются вневременные соотношения. Здесь говорится, что одна вещь или одна ситуация A является причиной другой — B . Это означает, очевидно, что существование B зависит от A или что, если A изменилось бы или отсутствовало, B также изменилось бы или отсутствовало. Сравните эти утверждения с такими:

«Плохой урожай был причиной голода в Индии в 1946 году».

«Поражение армий Гитлера — причина его падения».

«Экономическое положение рабовладельческих штатов — причина американской гражданской войны».

«Жизнь смогла развиться на Земле благодаря образованию атмосферы, содержащей кислород».

«Взрыв атомной бомбы вызвал разрушение Хиросимы».

В этих сентенциях одно определённое событие A рассматривается как причина другого — B ; оба события более или менее фиксированы в пространстве и времени. Я думаю, что оба эти различных оттенка соотношения причина — следствие совершенно законны. Общим фактором является идея зависимости, которая не нуждается в каких-либо комментариях. Понятие зависимости достаточно ясно, если две взаимосвязанные вещи являются сами по себе понятиями, продуктами мышления вроде двух чисел или двух множеств; тогда зависимость означает то, что математики выражают словом «функция». Эта логическая зависимость не нуждается в дальнейшем анализе (я даже думаю, что дальнейший анализ невозможен). Однако причинность не относится к категории логических зависимостей; она означает зависимость реальных вещей в природе друг от друга. Понять, что именно она означает, — совсем не простая проблема. Астрологи провозгласили зависимость судьбы человека от положения звёзд на небе. Учёные отвергают их утверждения, но почему? Потому что наука принимает соотношения зависимости, если только их можно подтвердить наблюдением и экспериментом, а астрология не выдерживает такой проверки. Наука настаивает на некотором критерии зависимости, а именно на повторяемости наблюдения или эксперимента: либо вещи A и B относятся к явлениям, повторно случающимся в природе и настолько сходным, что их можно считать (для данной задачи) идентичными, либо явление может быть повторно воспроизведено в эксперименте.

Наблюдение и эксперимент — это ремесло, которому систематически обучаются. Гении иногда возносят это ремесло на уровень искусства. Существуют определённые правила наблюдения: изоляция рассматриваемой системы, ограничение числа переменных параметров, варьирование условий для выяснения зависимости исследуемого эффекта от каждого фактора в отдельности; во многих случаях существенны особо точные измерения и статистика их результатов. Технология обработки этих данных сама по себе является ремеслом, в котором понятия случайности и вероятности играют решающую роль. Мы ещё вернёмся к этому вопросу. Похоже на то, что наука обладает методикой нахождения причинных отношений безотносительно к какому-либо метафизическому принципу. Но это заблуждение. Ибо ни одно наблюдение и ни один эксперимент никогда не могут дать ничего, кроме конечного числа повторений (определённого параметра), а установление закона « B зависит от A » всегда выходит за пределы опыта. И всё же утверждения об установлении подобного рода законов делались повсюду и во все времена, иной раз даже на основании скудного материала. Философы называют этот метод вывода индукцией и посвятили ей много глубоких теоретических работ. Я не стану вникать в эти теоретизирования. Но я вынужден разъяснить, почему я отличаю этот принцип индукции от причинности. Индукция позволяет обобщать некоторое число наблюдений в общее правило: то, что ночь следует за днём, а день за ночью, что весной на деревьях распускается зелёная листва, — это примеры индукции, но здесь нет ни причинных соотношений, ни утверждений о зависимости. Метод индуктивного мышления более общ, чем причинностное

мышление. Он используется в повседневной жизни как нечто само собой разумеющееся и применяется с одинаковым успехом в описательных и экспериментальных отраслях науки. Но в то время как в обыденной жизни мы не имеем определённых критериев эффективности индукции и полагаемся более или менее на интуицию, наука разрабатывает свой свод законов, или правил, для применения индукции. Эти правила оказались исключительно успешными, и я думаю, что в этом единственное оправдание их применения, подобно тому как правила сочинения классической музыки уже оправданы переполненной аудиторией и аплодисментами. Наука и искусство не столь отличны, как это кажется. Законы в сферах истины и красоты устанавливаются мастерами — создателями вечных творений.

Абсолютные ценности представляют собой никогда не достижимые идеалы. И всё-таки я думаю, что общие усилия человечества наверняка приближают нас к некоторым идеалам. Я не поколеблюсь назвать человека глупым, если он отвергает обучение на опыте без заранее подготовленного логического доказательства или не знает, или не принимает правил научного вывода. Мы то и дело находим людей сверхлогичного типа среди чистых математиков, теологов и философов, хотя, кроме того, имеется обширная группа тех, кто игнорирует или отвергает сами правила науки: члены антивакцинационных обществ, те, кто верит в астрологию, и т. п. Спорить с ними бесполезно; я бы не смог заставить их принять те же критерии эффективности индукции, в которые верю сам, то есть свод научных правил вывода. Ибо не существует логических аргументов там, где речь идёт о вере. В этом смысле я склонен называть индукцию метафизическим принципом, то есть чем-то «по ту сторону физики».

После такого экскурса позвольте вернуться к рассмотрению причинности и её двум применениям: как вневременной зависимости и как зависимости одного события, фиксированного во времени и пространстве, от другого (см. далее «О множественности причин»). Я думаю, что абстрактный, вневременной смысл причинности является фундаментальным. Это становится вполне очевидным, если попытаться воспользоваться термином «причинность» в связи со специфическим случаем, не ссылаясь на абстракции даже неявно. Например, утверждение, что плохой урожай был причиной голода в Индии, осмысленно только в том случае, если имеется в виду вневременное утверждение: плохой урожай вообще является причиной голода. Я предоставляю читателю подтвердить это соображение, рассматривая другие, мои или свои собственные, примеры. Если опустить эту ссылку на общее правило, то связь между последовательными событиями утратит свой причинностный характер, хотя и может сохраниться специфика идеальной регулярности, как при смене дня и ночи. Другим примером является железнодорожное расписание. С его помощью вы можете предсказать прибытие в пункт *A* ровно в 10.00 из пункта *B*; но едва ли вы сможете утверждать, что расписание раскрывает причину этого события. Иными словами, расписание представляет собой детерминистический закон: оно позволяет предсказывать будущие события, но при этом вопрос «почему?» утрачивает смысл.

Именно поэтому я думаю, что не стоит отождествлять причинность с детерминизмом. Последний относится к правилам, которые позволяют предсказывать наступление события *B* из знания события *A* (и наоборот), но без какой-либо идеи о том, что существует физическая вневременная (и внепространственная) связь между всеми вещами вида *A* и всеми вещами вида *B*. Я предпочитаю пользоваться выражением «причинность» главным образом для этой вневременной зависимости. Это в точности то, что подразумевают экспериментаторы и наблюдатели, когда они следят за каким-либо явлением, устанавливая определённую причину путём систематического варьирования условий опыта или наблюдения. Другое применение этого слова к двум событиям, следующим одно за другим, однако, столь общеупотребительно, что его нельзя исключить совсем. Поэтому я соглашаюсь с этим использованием, но с некоторыми «атрибутами», касающимися времени и пространства. Всегда предполагается, что причина предшествует результату; я предлагаю называть это принципом предшествования.

Далее, недопустимо предположение, что какая-то вещь служит причиной некоторого

эффекта там, где она не присутствует, или там, куда её воздействие не может быть передано посредством других вещей: я буду называть это принципом контактности.

Теперь я постараюсь изложить свои соображения в нескольких сжатых определениях.

Детерминизм постулирует, что события в различные времена связаны некоторыми законами таким образом, что возможны предсказания ещё неизвестных ситуаций (прошлых или будущих).

Такая формулировка исключает религиозное предсказание, поскольку предполагает, что книга предопределения открыта лишь для Господа.

Причинность постулирует, что имеются законы, согласно которым проявление сущности B определённого класса зависит от проявления сущности A другого класса, где слово «сущность» означает любой физический объект, ситуацию или событие. A называется причиной, B — результатом, следствием, эффектом.

Если же причинность относится к единичным событиям, то должны быть рассмотрены следующие её атрибуты:

Предшествование (antecedence), согласно которому постулируется, что причина должна предшествовать результату, эффекту или в крайнем случае быть с ним одновременной.

Контактность (contiguity), согласно которой постулируется, что причина и результат, эффект должны находиться в пространственном контакте или быть связаны цепью промежуточных вещей, находящихся в контакте...

О множественности причин

Любое событие может иметь несколько причин. Эта возможность не исключается моим определением причинности, хотя я и говорил об A как о единственной причине результата B . Тем не менее понятие о множестве причин, то есть условий, от которых зависит результат B , кажется мне довольно бессмысленным. Часто возникает идея «причинной цепи»: A_1, A_2, \dots , где B зависит только от A_1 непосредственно, A_1 от A_2 и т. д., так что B косвенно зависит от любого A_n . Поскольку такой ряд может оказаться бесконечным, то где тогда искать «первопричину»? Число причин может быть и будет, вообще говоря, бесконечным? К тому же нельзя привести ни малейшего довода в пользу предположения о единственности такой цепи или даже о некотором ограниченном числе таких цепей, ибо причины могут быть переплетены неким сложным образом, и более подходящей картиной мне представляется «сеть причин» (причём даже сеть в многомерном пространстве). Мало того, почему множество причин должно быть всего лишь счётным? А не составлять континуум! «Множество всех причин данного события» кажется мне понятием столь же опасным, как и те понятия, которые ведут к логическим парадоксам типа открытых Расселом. Я считаю, что понятие о «множестве всех причин» является метафизической идеей, вызывающей пустые споры. Поэтому я и постарался сформулировать своё определение причинности так, чтобы обойти проблему «множественных причин»...

Индетерминистская физика

Нет сомнений в том, что и формализм квантовой механики, и статистическая интерпретация этого формализма оказались небывало успешными в упорядочении и

предсказании физических экспериментов. Но разве может наше желание понять и объяснить вещи удовлетворяться теорией, которая является открыто и безусловно статистической и индетерминистской? Можем ли мы довольствоваться признанием случайности, а не причины в качестве верховного закона физического мира?

На последний вопрос я отвечу, что в физике устраняется не причинность, понимаемая должным образом, а лишь традиционная интерпретация, отождествляющая её с детерминизмом. Беру на себя труд показать, что эти две концепции не идентичны.

Причинность в моём определении означает постулирование, что одна физическая ситуация зависит от другой, а исследование причины означает раскрытие такой зависимости. Это же остаётся справедливым для квантовой физики, хотя и при других объектах наблюдения, которые претендуют на такую зависимость: вероятность элементарных событий вместо единичных событий самих по себе...

В квантовой механике мы встречаемся с парадоксальной ситуацией — наблюдаемые события повинуются закону случая, но вероятность этих событий сама по себе эволюционирует в соответствии с уравнениями, которые, судя по всем своим существенным особенностям, выражают причинные законы.

Здесь нельзя избежать вопроса о реальности. Чем же реально являются эти частицы, про которые зачастую говорят, что они могут с таким же успехом быть волнами? Дискуссия на эту весьма трудную тему увела бы нас слишком далеко. По-моему, концепция реальности слишком во многом связана с эмоциями, чтобы допускать общепризнанные определения. Для большинства людей реальны только те вещи, которые для них лично важны. Реальность артиста, художника или поэта несравнима с реальностью святого, или пророка, или же бизнесмена, или администратора, а тем более с реальностью натурфилософа или учёного. Так что позвольте мне придерживаться специальной реальности последнего рода, которая может быть описана в весьма точных терминах. Эта реальность предполагает, что наши чувственные ощущения — это не просто стойкие галлюцинации, а признаки или сигналы внешнего мира, который существует независимо от нас. Хотя эти сигналы меняются и движутся самым бестолковым образом, именно посредством этих сигналов мы осведомлены об объектах с инвариантными свойствами.

Набор этих инвариантов наших чувственных впечатлений является физической реальностью, которую наш разум конструирует совершенно подсознательным образом.

Этот стул различно выглядит с каждым поворотом моей головы, с каждым миганием моего глаза. И всё-таки я воспринимаю стул как тот же самый. Наука — это не что иное, как попытка конструировать эти инварианты там, где они не очевидны. Если вы не имеете научной квалификации и смотрите в микроскоп, вы ничего не видите, кроме пятнышек света и цвета, но не объекты исследования; вы должны уметь применять методы биологической науки, состоящие в изменении условия, регистрации корреляций и т. д. И только тогда вы сможете понять, что вы видите ткань с клетками рака или что-нибудь вроде этого. Слова, обозначающие вещи, приложимы к неизменным особенностям наблюдений или наблюдательным инвариантам.

Использование математики сделало точным этот метод в физике, где инвариант преобразования является точным понятием. Феликс Клейн в своей знаменитой Эрлангенской программе классифицировал всю математику в соответствии с этой идеей. Это же может быть проделано и для физики.

Именно исходя из этой точки зрения я утверждаю, что частицы реальны, поскольку они представляют собой инварианты наблюдений. Мы верим в «существование» электрона, потому что он имеет определённый заряд e , определённую массу m и определённый спин s ; это значит, что при каких бы обстоятельствах или экспериментальных условиях ни наблюдался эффект, который теория приписывает существованию электрона, для перечисленных величин e , m , s будут зарегистрированы одни и те же численные значения.

Другое дело, сможете ли вы теперь, на основе этих результатов, представить себе электрон чем-то вроде крошечной песчинки, имеющей определённое положение в

пространстве. Фактически можете даже в квантовой теории. Чего вы не можете — так это предполагать, что она при этом имеет ещё и определённую скорость; это невозможно в силу соотношения неопределённостей. Хотя в нашей повседневной жизни и практике мы вполне можем приписывать обыкновенным телам определённые положения и скорости, это ещё не значит, что то же самое можно предполагать для объектов, размеры которых гораздо меньше, чем у предметов обыденных.

Положение и скорость не являются инвариантами наблюдений. Тем не менее они являются атрибутами идеи о частице, и мы должны использовать их постольку, поскольку нам приходится описывать определённые явления на языке частицы. Нильс Бор особо подчёркивал, что наш язык уже приспособлен к нашим интуитивным понятиям. Мы употребляем эти понятия даже там, где они утрачивают свою прежнюю силу. Хотя электрон не во всех отношениях ведёт себя как песчинка, он имеет достаточно инвариантных свойств, чтобы считать его не менее реальным, чем песчинку.

Факт, выражаемый соотношением неопределённостей, сначала был открыт при интерпретации формализма квантовой теории. Лишь позднее было дано интуитивное объяснение, а именно что сами законы природы препятствуют беспредельно точному измерению из-за атомной структуры материи: наиболее деликатные инструменты наблюдения — это атомы, или фотоны, или электроны, то есть объекты, величина которых того же порядка, что и у объектов наблюдаемых. Нильс Бор с огромным успехом применил эту идею для выяснения ограничений одновременных измерений величин, подпадающих под правило неопределённости, называемых «дополнительными» величинами.

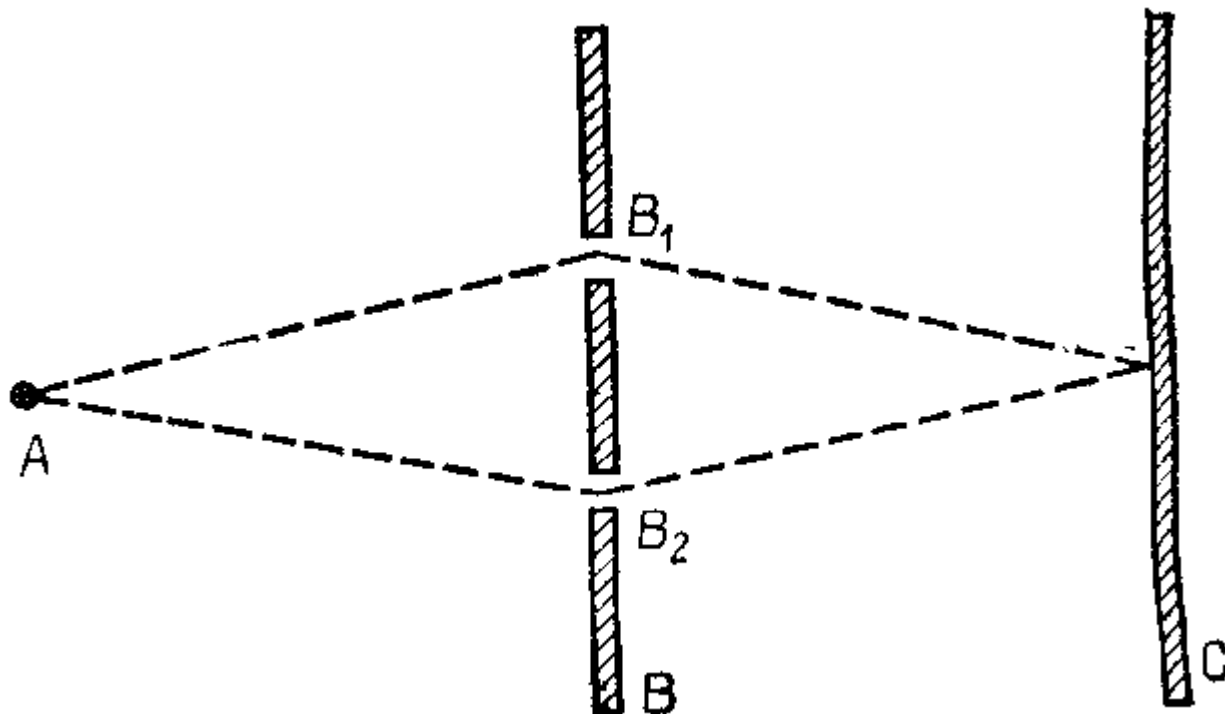
Одну и ту же экспериментальную ситуацию с частицами можно описывать либо на языке точных координат, либо на языке точных импульсов, но нельзя и на том и на другом языках одновременно. Эти два описания являются дополнительными для полного интуитивного понимания.

Прилагательное «дополнительные» иной раз применяется к корпускулярному и волновому аспектам явлений — по-моему, совершенно зря. Можно называть их «дуальными аспектами» и говорить о «дуальности» описания, но здесь нет никакой противоположности[29], поскольку обе картины необходимы для понимания каждого реального квантового явления. Лишь в крайних, предельных случаях возможны интерпретации, использующие только волны или только частицы. Случай частиц — это случай классической механики, применимый только к большим (точечным. — Прим. перев.) массам, например к центру масс почти замкнутой системы. Волновой случай есть случай очень большого числа независимых частиц, как в обычной оптике.

Являются ли волны чем-то «реальным» или какой-то фикцией, помогающей описывать и предсказывать явления, — дело вкуса. Мне лично нравится считать волну вероятности даже в $3N$ -мерном пространстве вещью реальной, чем-то большим, нежели рабочим инструментом для математических вычислений. Ибо волна эта имеет характер инварианта наблюдения: она позволяет предсказывать результаты возможных экспериментов, и мы ожидаем именно эти средние числа, средние отклонения и т. д., если действительно производим эксперимент много раз при одних и тех же условиях. А в самом общем случае, как могли бы мы полагаться на вероятностные предсказания, если бы мы не относили эти понятия к чему-то реальному и объективному?

Эти соображения столь же применимы к рассмотрению классической функции распределения $f(t; p, q)$, как и в квантовомеханической матрице плотности $\rho(t; q, q')$. Разница между f и ρ заключается только в законе распространения. Эту разницу можно считать аналогичной разнице между оптикой геометрической и оптикой волновой. В последнем случае возможна интерференция. Собственные функции квантовой механики можно складывать как световые волны, получая так называемую интерференцию вероятности, которая приводит иной раз к довольно загадочным ситуациям при попытках описывать наблюдения только на языке частиц. Примером могут послужить обычные оптические эксперименты. Пусть источник света A освещает экран B со щелями B_1, B_2 , а

проникающий через них свет наблюдается на параллельном экране C . Если открыта только одна щель B_1 , то видна дифракционная картина — вокруг точки, где прямая линия AB_1 пересекает экран C , с ярким максимумом, окружённым слабо выраженными «каёмками». Когда обе щели открыты и центральные максимумы дифракционной картины перекрываются, то в этой области появляются новые интерференционные «каёмки», зависящие от расстояния между щелями.



Интенсивность интерференционной картины, то есть вероятность регистрации фотона на экране, когда обе щели открыты, таким образом, есть не просто суперпозиция вероятностей, получаемых открыванием щелей поодиночке. Это становится сразу же понятным, если воспользоваться картиной волн вероятности, определяющих регистрацию фотонов. Поскольку степень размазанности этих волн зависит от экспериментального устройства, то нет ничего удивительного в результате заперения одной щели. Тем не менее, если вы попытаетесь пользоваться только частицами, то окажетесь в затруднении, ибо тогда частицы должны проходить либо через одну щель, либо через другую, и останется чистой загадкой, как могла бы щель на конечном расстоянии повлиять на дифракционную картину. Рейхенбах, который опубликовал весьма солидную книгу по философским основаниям квантовой механики, говорит в таких случаях о «причинных аномалиях». Чтобы избежать затруднений, производимых этими аномалиями, Рейхенбах проводит различие между явлениями, действительно наблюдаемыми, такими, как регистрация фотонов на экране, и интеръвлениями, то есть теоретическими построениями, относящимися к тому, что происходит с фотоном по пути: проходит он через одну щель или через другую. Он правильно утверждает, что трудности возникают только при обсуждении интеръвлений. «То, что фотон проходит сквозь щель B_1 , бессмысленно констатировать как физический факт», — пишет Рейхенбах. Если вам угодно сделать прохождение фотона сквозь щель физическим фактом, то следует изменить постановку опыта таким образом, чтобы прохождение фотона через щель B_1 было действительно регистрируемым, но тогда фотон уже не сможет пролететь без помех и явление, наблюдаемое на экране, изменится. Вся книга Рейхенбаха посвящена обсуждению трудности этого типа. Я согласен с многими его аргументами, хотя некоторые и отвергаю. Чтобы формулировать разрешение и запрещение (или бессмысленность) тех или иных утверждений, он предлагает использовать трёхзначную логику, в которой закон «исключённого третьего» не имеет силы. По-моему, он заходит при

этом слишком далеко, ибо рассматриваемая проблема является проблемой не только логики или логики. Здесь имеет существенное значение и здравый смысл. Ибо в математической теории, которая способна в совершенстве описывать фактические наблюдения, используется обычная двузначная логика. Действительные трудности возникают исключительно в тех случаях, когда переступают рамки фактических наблюдений, но настаивают на использовании узкой, ограниченной сферы интуитивных образов и соответствующего этим образам языка. Большинство же физиков предпочитают приспособлять свою фантазию к наблюдениям. Что касается логической проблемы самой по себе, то при чтении этой книги Рейхенбаха у меня сложилось впечатление, что при объяснении трёхзначной логики он сам постоянно пользовался обычной двузначной логикой. Этот факт может послужить, между прочим, и для отказа от метода Рейхенбаха, и для его оправдания. Помню дни, когда я бывал в ежедневном контакте с Гильбертом, который работал над логическими основами математики. Он различал два уровня логики: логику интуитивную, оперирующую с конечным множеством утверждений, и логику формальную (логику), которую он описывал как некую игру в бессмысленные символы, изобретённые для манипулирования с бесконечными математическими множествами таким образом, чтобы избежать противоречий типа парадоксов Рассела. Однако Гёдель показал, что эти противоречия неожиданно всплывают опять, и ныне крах гильбертовской попытки общепризнан. Я уверен, что трёхзначная логика представляет собой ещё один пример такой игры в символы. Игра эта забавна, конечно, но сомневаюсь, чтобы физика от неё много выиграла.

Мышление на языке квантовой теории требует немалых усилий и большой практики. Ключевым моментом при этом оказывается то, что квантовая механика описывает не сам объективный внешний мир, а лишь вполне определённый эксперимент, поставленный для наблюдения некоторой части внешнего мира. Без этой идеи невозможна даже формулировка какой-либо динамической задачи в квантовой теории. Но если эту идею принять, то фундаментальный индетерминизм физических предсказаний становится естественным, поскольку никакое экспериментальное устройство никогда не может быть абсолютно точным.

Я думаю, что даже наиболее пламенный детерминист не станет отрицать, что современная квантовая механика хорошо служит нам в реальных исследованиях. И всё же он ещё надеется, что однажды она будет заменена детерминистской теорией классического типа.

Позвольте мне кратко обсудить, какие шансы имеются для такой «контрреволюции» и какое развитие физики я ожидаю в будущем.

Было бы слабоумием и высокомерием отрицать всякую возможность возврата к детерминизму. Ибо никакая физическая теория не является окончательной; новые эксперименты могут вынудить нас к изменениям и даже к возвращениям. Всё же, обзревая историю физики, все эти колебания, флуктуации и шатания, мы едва ли заметим возврат к более примитивным концепциям. Я полагаю, что наша нынешняя теория претерпит глубокие видоизменения, ибо она полна ещё такими трудностями, как расходимость собственных энергий взаимодействующих частиц и расходимости других величин, вроде сечения взаимодействия. Но я никогда не поверил бы, что трудности эти можно разрешить, возвращаясь к классическим концепциям. Я предполагаю как раз обратное — мы должны будем принести в жертву некоторые общепринятые идеи и использовать ещё более абстрактные методы. Однако всё это только мнение. Более конкретный вклад в этот вопрос сделан Дж. фон Нейманом в его блестящей монографии «Математические основы квантовой механики», где он поставил теорию на аксиоматическую основу, выводя всю квантовую механику из нескольких постулатов весьма общего и правдоподобного характера о свойствах «ожидаемых (средних) величин» и их представлении математическими символами. В результате формализм квантовой механики однозначно определяется этими аксиомами; в частности, никакие скрытые параметры, с помощью которых индетерминистское описание

можно было бы преобразовать в детерминистское, не могут быть введены. Следовательно, если будущей теории суждено быть детерминистской, она не может оказаться модификацией нынешней теории, а должна существенно отличаться от неё. Я предоставляю детерминистам заботиться о том, насколько это возможно без принесения в жертву всего богатства хорошо установленных результатов.

Со своей стороны я не верю в возможность такого оборота вещей. Хотя я полностью отдаю себе отчёт о кратком пути квантовой механики, я думаю, что её индетерминистские основы останутся неизменными...

Мы знаем, как тщетно боролась классическая физика, стараясь примирить всё новые и новые количественные наблюдения с предвзятыми идеями о причинности, выведенными из повседневного опыта обыденной жизни, но вознесёнными на уровень метафизических постулатов, и как она вела проигранную войну против вторжения случайности. Сегодня порядок идей обратный: случайность стала первичным понятием, механика — выражением её количественных законов, а всеобъемлющая очевидность причинности со всеми её атрибутами в сфере обыденного опыта удовлетворительно объясняется статистическими законами больших чисел...

Поэтому я склонен думать, что случайность — более фундаментальная концепция, нежели причинность. Кстати, в каждом конкретном случае о соотношении причина — следствие можно судить только с помощью применения законов случайности к наблюдениям.

Послесловие

В книге Макса Борна «Моя жизнь и взгляды» ставятся и по-своему решаются её автором проблемы, волнующие современное человечество. Это, по существу, проблемы борьбы против империализма, за мир, демократию и социализм; выдвинутые современной эпохой, они переплелись с проблемами идеологической борьбы, и наши дни наполнили их особым содержанием, придали им неведомое ранее звучание.

Последнее в книге Борна проявляется очень выпукло, почти осязаемо. Сказался не только публицистический талант автора, но прежде всего имело значение то обстоятельство, что за анализ этих вопросов взялся выдающийся современный физик, один из тех преобразователей естествознания, которым XX век обязан созданием квантовой механики.

В центре внимания автора — вопросы войны и мира, и прежде всего возможной термоядерной войны, а также вопросы морали и ответственности учёного, так или иначе втянутого в её подготовку, которые в прежние эпохи развития человечества не могли быть предметом обсуждения (главы «Эволюция и сущность атомного века», «Человек и атом», «Европа и наука», «Благо и зло космических путешествий», «На что надеяться?»); сюда же относятся в той или иной степени три главы первой части книги).

Основным задачам книги служит глава «Символ и реальность» и приложение «Натуральная философия причины и случая», представляющие самостоятельный интерес. Стремление глубоко философски осмыслить исследуемую проблему характерно для всех работ Борна. К этому его побуждало не столько изучение «философов всех времён» (см. гл. «Размышления», стр. 37), сколько научные результаты современной физики, вызвавшие переворот в теоретическом мышлении естествоиспытателей.

Но нашёл ли Борн философию, которая отвечает революционному естествознанию XX века и которая позволила бы ему осмыслить и понять те главные проблемы, какие он решает в своей книге «Моя жизнь и взгляды»? Одна из задач настоящего послесловия состоит в том, чтобы ответить на этот вопрос.

По мнению Борна, теоретические методы современной физики, применение которых принесло ей не сравнимый ни с чем в классическом естествознании успехи (метод принципиальной наблюдаемости, вероятностный подход, структурный подход и другие),

возникли и развились за рамками того способа мышления, исследованием которого занималась традиционная философия (см. гл. «Символ и реальность», стр. 115). Какая же философия соответствует современной неклассической физике, с точки зрения Борна?

Он видит недостаточность наивного реализма, выступает против философии Канта и его последователей, решительно критикует позитивизм, включая его последних представителей, высказывается против реакционных идеалистических воззрений в физике. Борн всячески ратует за объективную реальность внешнего мира, отражаемого сознанием человека с его чувственными восприятиями, теориями, наукой. Такой вывод следует на основании многочисленных работ Борна, написанных в философском плане[30].

Однако Борн не проводит последовательно и систематически этот материалистический тезис. Он возражает против современной материалистической философии, считая её наравне с философией идеализма догматической доктриной. Борн не видит развития материализма, не усматривает коренного отличия диалектического материализма от материализма механического, хотя и упоминает об отличии такого рода. Это фундаментальное недоразумение и объясняет все слабые стороны его взгляда на материализм и диалектику в физике и в науке в целом, его философскую непоследовательность, его точку зрения, будто общественные проблемы исторического и политического плана могут решаться лишь на основе методов, выработанных современной физикой.

Борн принадлежал к числу тех естествоиспытателей Запада, которые пришли к мысли, что общие концепции неклассической физики определяют ныне философию естествознания и, пожалуй, всей науки. По их мнению (к этим учёным можно отнести Гейзенберга, отчасти Бора и некоторых других), такая философия не является ни идеализмом, ни позитивизмом, ни материализмом, хотя включает элементы всех этих философских систем. В подобного рода взглядах явно прослеживается неудовлетворённость односторонностью и прямолинейностью идеалистических и метафизических философских учений, а также превратное представление о диалектическом материализме, который отождествляется с материализмом до Маркса и Энгельса.

Зададим вопрос в духе Борна (см. его книгу «Физика в жизни моего поколения», стр. 432—433): соответствует ли картина мира современной физики диалектическому материализму? Подчеркнём прежде всего мысль, что физическая картина мира отражает объективно реальный мир. С этим утверждением — с некоторыми оговорками и дополнениями, о которых речь пойдёт ниже, — согласен Борн. Но разве такое утверждение не означает, что картина мира физики является материалистической? Признак материалистического характера картины мира отнюдь не равносителен признанию обязательности для всех времён картины мира физики механической, или электромагнитной, или, скажем, современной квантоворелятивистской. Физическая картина мира как движущейся материи изменяется с развитием физической науки, прогрессом естествознания — именно это отстаивает диалектический материализм. Последний и есть единственно верная философия и метод современной физики, как показал ещё Ленин в начале нашего века и подтверждает развитие теории относительности и квантовой теории.

В последнее время материализм и диалектика всё больше и больше привлекают внимание естествоиспытателей всего мира — об этом можно заключить по опубликованным трудам, по сообщениям многих из них на научных конгрессах, по рецензиям и откликам на работы марксистов; однако идеологические предрассудки и классовая предубеждённость, вся социальная обстановка в капиталистических странах препятствуют известной части западных учёных полностью признать значение марксистской философии для естественных наук. К концу своей жизни Борн ознакомился с некоторыми марксистскими сочинениями, в том числе с работами советских авторов. В одном из писем к автору этого послесловия он писал, в частности: «Вообще я не отрицаю, что материалистическая философия содержит много верных и глубоко ценных идей; но против чего я возражаю — и в этом я согласен со многими коллегами здесь на Западе — это претензии, что сегодняшняя марксистская

философия есть единственно верная и что она для каждого вопроса имеет определённый ответ. Я думаю, что философия предполагает ознакомление со всеми возможными идеями, их взаимную оценку, нахождение того, что представляется правильным, а что следует обсуждать с другими мыслящими людьми, пока согласишься или отвергнешь их взгляды. Свобода мышления для меня есть одна из величайших ценностей».

Борн, думается, не был знаком с высказываниями Маркса, Энгельса и Ленина о том, что диалектический материализм по самой своей сути отвергает всяческий догматизм и изменяет свою форму с каждым эпохальным открытием в естествознании и общественных науках. Существеннейшая черта марксистской философии — это присущая ей способность к развитию, которая и определяет ту свободу мышления, без которой невозможен прогресс в современной науке и о которой так или иначе писал Борн. С диалектическим материализмом не следует смешивать те изложения, выдаваемые их авторами за диалектико-материалистическую философию, согласно которым выходит, будто у марксистов всегда лежат в кармане готовые решения всех проблем науки.

Если резюмировать сказанное, то приходишь к мысли, что Борн, по существу, ратует за стихийный материализм в физике. Но стихийный материализм совершенно недостаточен для решения философских проблем современной науки, которая вне философии, строго говоря, не может считаться наукой. Борн ищет эту философию и, отвергая традиционные философские учения и новейший позитивизм, находит её в философских идеях физиков, создавших квантовую механику (точнее, в той интерпретации квантовой теории, которую Гейзенберг назвал копенгагенской интерпретацией).

* * *

Физик Борн основательно занимался вопросами, не имеющими непосредственного отношения к физической науке; он штудировал книги по гуманитарному знанию, изучал искусство, глубоко размышлял над проблемами культуры (об этом в настоящей книге даётся интереснейший материал). В итоге он пришёл к выводу о разрыве человеческой цивилизации, вызванном открытием научного метода новой (прежде всего квантовой) физикой. Методология естественных наук нашего времени, думает Борн, противоречит всей истории и традициям человечества... Естественнаучное мышление и гуманитарный образ мышления радикально разошлись. «Нынешние политические и милитаристские ужасы... можно объяснить не как симптом эфемерной социальной слабости, а как необходимое следствие роста науки, которая сама по себе есть одно из высших интеллектуальных достижений», — пишет Борн (гл. «Размышления», стр. 45), возвращаясь к этому и подобным утверждениям на протяжении всей своей книги.

С Борном необходимо согласиться во многом и важнейшем, если, однако, принять во внимание, что к марксизму и его философии сказанное о «разрыве человеческой цивилизации» не имеет ни малейшего отношения. Борн, надо полагать, не был знаком ни с экономическими и социологическими исследованиями основоположников марксизма-ленинизма, ни с марксистскими социологическими работами, иначе он упомянул бы в списке прочитанных им сочинений по гуманитарным наукам также и марксистские произведения. Короче, Борн не знал марксистского учения об обществе и его истории, не знал исторического материализма.

Разумеется, никто из марксистов не собирается предъявлять Борну педантски-школярский счёт. Хочется только подчеркнуть то неоспоримое, на наш взгляд, что Борн в своих порой драматических поисках философии современной эпохи, радикально отличной — как он правильно полагает — от всех традиционных философских систем, всячески обходит тот исторический факт, что такая философия — именно философия марксизма-ленинизма — уже существует. Объективно к этой, а не другой философии ведут работы Борна, в которых он борется за подлинно научное познание, за новую научную методологию, против философской реакции, за победу разума над всяческим мракобесием,

за свободное научное творчество.

Каков же фундамент идей Борна, опираясь на который он по-своему отвечает на выдвигаемые им вопросы, «с точки зрения философски мыслящего физика»?

В главе «Символ и реальность» (а также частично в «Размышлениях»), в приложении «Натуральная философия причины и случая» содержатся соответствующие ответы. Мы коротко на них остановимся.

Борн ищет основание для признания объективного содержания в обыденных и абстрактных понятиях (включая понятия неклассической физики). Ещё в классической физике возникал вопрос: откуда следует, что физические утверждения не являются субъективными конструкциями, как достигается объективное знание?

По существу, этот вопрос родствен следующему: откуда я знаю, что «зелёное», которое я вижу, то же «зелёное», которое видите вы, видит любой наблюдатель? Поставленный вопрос — это, собственно, вопрос о том, соответствует ли ощущение «зелёное» чему-то объективному. Он решается положительно в практической деятельности человека: достаточно представить себе водителя автомобиля дальтонику, как ответ напрашивается сам собой. Более того, то обстоятельство, что мы знаем о дальтонизме и в той или иной мере можем избегать его нежелательных проявлений, только подтверждает, что ощущение «зелёное» отвечает объективно реальному.

Разбор такого рода случаев в аспекте проблемы реальности, по сути дела, не отличается от разбора любого физического эксперимента, непосредственной задачей которого является фиксирование макроскопических параметров. Из экспериментов на основе изучения и размышления (когда познавательная сила абстракции становится всё большей) возникают в физике все теории — и классические и неклассические. Обобщая сказанное, беря материал из самых различных областей науки и практики, мы приходим к посылкам материализма (они в своё время были сформулированы В. И. Лениным): единственный источник наших знаний — ощущения, объективная реальность является источником наших ощущений, или, что фактически то же самое, внешний познаваемый мир существует независимо от человеческого сознания[31].

Борн по данному вопросу выдвигает иную точку зрения: «Я не могу другому сказать, что я чувствую, когда нечто называю зелёным, но я могу — и он также может — установить, что когда зелёное двух листьев кажется мне тождественным, то оно кажется тождественным также другому»[32].

Здесь у Борна проводится, по существу, идея, что объективное знание — это не столько нечто такое, чему отвечает объективно реальное, сколько общезначимое. Нет надобности разбирать эту неправильную идею Борна после критики Лениным взглядов Богданова, который определял объективное как общезначимое. С другой стороны, пример с «зелёным» нужен Борну, чтобы обратить внимание на идею инвариантности, применение которой, по его мнению, позволяет решить проблему, как от субъективности перейти к объективному знанию (см. приложение «Натуральная философия причины и случая», стр. 152). Нельзя отрицать важное значение идеи инвариантности в вопросе о переходе от субъективности к объективному знанию, однако основа признания объективного характера физических понятий, утверждений и т. д. заключается не в идее инвариантности: достаточно напомнить, что релятивистские понятия длины и продолжительности соответствуют объективной реальности (это подтверждено ныне прямыми экспериментами), а ведь они не являются инвариантами теории относительности[33].

Обратимся теперь к проблеме закономерности и причинности в природе. Борн признаёт их объективный характер. Вместе с тем открытия форм связей и взаимозависимостей, не укладывающихся в схемы классической физики, Борн толкует таким образом, будто принцип детерминизма исключается современной физикой из научного обихода. Следует иметь в виду, что, по Борну, детерминизм в физике совпадает с тем, что носит название лапласовского детерминизма, а причинность состоит в том, что определённая ситуация зависит (отвлекаясь от течения времени) от другой.

Исследование Борном проблемы причинности в физике XX века богато интереснейшим материалом, относящимся к неведомому в классической физике пониманию случайности и возможности в природе. У Борна говорится об объективном характере случайности, она связывается с необходимостью, рассматриваются различные конкретные формы проявления принципа причинности и особенно своеобразие квантовых законов. Эти идеи Борна заслуживают с точки зрения диалектического материализма высокой оценки.

Вместе с тем следует иметь в виду следующие особенности взглядов Борна на причинность. Он не усматривает фундаментального отличия механического детерминизма (в классической физике это и есть лапласовский детерминизм) от детерминизма как учения о всемирной, всесторонней объективно реальной связи (понимание диалектического материализма). Далее, у Борна принцип причинности противопоставляется детерминизму. Наконец, Борн отождествляет, по существу, вопрос о детерминизме с вопросом о предсказуемости наблюдаемых явлений.

Подчеркнём прежде всего, что всемирная связь явлений не исчерпывается той или иной отдельной формой связи (как это следует из механического материализма). Согласно такому пониманию, случайность связана органически с необходимостью, а возможность — с действительностью. Это и показала квантовая механика. Иначе говоря, квантовая механика — детерминистская теория, но не в смысле механического детерминизма.

Далее, здесь очень уместно напомнить замечание Ленина: «Каузальность, обычно нами понимаемая, есть лишь малая частичка всемирной связи, но... частичка не субъективной, а объективно реальной связи»[34]. По вопросу о причинности в этих словах выражено то, что искал Борн.

Наконец, относительно детерминизма и предсказуемости. Закономерность явлений есть нечто объективно реальное; она существует независимо от того, известна ли она и с какой точностью или же совсем не известна человеку. Вопрос о предсказуемости явлений — вопрос производный по отношению к вопросу о закономерности явлений: предсказать с той или другой точностью нечто относящееся к явлению можно, лишь зная определённые данные об этом явлении и определённые законы, которым оно подчиняется.

Борн думает иначе. По его мнению, возможность детерминизма определяется наличием точного знания о состоянии объекта (подразумевается состояние в смысле классической механики). В соответствии с этим квантовая механика позволяет делать только статистические утверждения относительно поведения частиц и потому, по Борну, она индетерминистична. Отсюда Борн высказывается против марксизма и его философии (приписывая последней идеи механического детерминизма, предопределённости и т. п.).

С Борном нельзя согласиться. Статистический подход к исследованию явлений природы определяется не человеческим незнанием точного их состояния или тем, что само понятие точного состояния не имеет смысла. В статистических понятиях имеется объективное содержание, то есть в природе нет никакой предопределённости, и это хорошо ныне показано в специальной литературе, а также в работах философов-марксистов[35]. Статистические и нестатистические (динамические) законы — это связанные друг с другом формы необходимой закономерной связи явлений природы; сами по себе они предельные случаи этой связи.

Итак, современная физика детерминистична, но не в смысле механического детерминизма, область применения которого весьма ограничена. Борн, рассматривая формы связи явлений, открытые квантовой физикой и правильно критикуя лапласовский детерминизм, ошибочно приписал марксистской философии взгляд на детерминизм механического материализма.

* * *

Книга Борна, по существу, — книга о проблемах идеологической борьбы в условиях современной научно-технической революции. Эта революция протекает в различных

формах, последствия её различны в области материальной и духовной жизни в зависимости от той социально-экономической обстановки, в которой она совершается.

Но так рассуждать может только марксист, то есть сторонник учения Маркса — Энгельса — Ленина, выражающего коренные интересы рабочего класса. Борн не относит себя к марксистам и действительно не является приверженцем учения марксизма-ленинизма. Это и отражается в книге, в анализе и выводах Борна, хотя он и занимает прогрессивную позицию по важнейшим вопросам современной идеологической борьбы, о чём шла речь выше.

Борн в своей книге отдаёт предпочтение рассмотрению вопросов о социальном смысле науки, тем проблемам, которые поставило общество — прежде всего общество современное — применению науки, особенно применению ядерной энергии в мирных и военных целях. Развитие этой темы начинается с главы «Эволюция и сущность атомного века».

В ней Борн обосновывает положение, что запрещение лишь одного атомного оружия не оправдано ни с моральной, ни с гражданской точек зрения. Человечество может быть спасено только в том случае, если оно раз и навсегда откажется от применения силы. «Сегодня мир зиждется на страхе, следующей задачей должна стать стабилизация мира путём укрепления морально-этических принципов, которые лишь одни могут обеспечить мирное сосуществование людей», — подчёркивает Борн (стр. 58).

В следующей главе, «Человек и атом», Борн — как он пишет сам об этом — занимается историческими и политическими проблемами, пользуясь методами физики (которая, по его словам, «не только первый шаг к технике, но и путь к глубочайшим пластам человеческой мысли», стр. 63).

И Борн задаёт вопросы, во-первых, о существовании законов истории, поскольку научные исследования и техника — явления исторические; во-вторых, о проблеме соотношения необходимости и свободы. Он рассматривает эти вопросы «с точки зрения философски мыслящего физика» (стр. 64). После соответствующего анализа Борн приходит к выводу, что в обществе существуют статистические закономерности, аналогичные законам статистической термодинамики (стр. 65); о законах человеческой истории, их специфике в сравнении с законами природы — что можно найти в учении марксизма — Борн не говорит ничего.

Для решения проблемы необходимости и свободы Борн привлекает принцип дополнительности Бора, который в квантовой теории имеет важнейшее значение (стр. 73 и сл.) [36]. Рассуждения Борна здесь особенно интересны с точки зрения идеи диалектического противоречия; он в итоге утверждает, что Бор прав: некоторые стороны человеческой истории управляются законами и в то же время «я говорю об ответственности и вине» (стр. 74).

Внимательный читатель заметит, что соответствующие рассуждения Борна переключаются с диалектическим анализом и решением проблемы необходимости и свободы марксизмом. Как известно, необходимость слепа, пока она не понята, осознанная же необходимость становится свободой.

Мы не берёмся в кратком послесловии передать всё содержание главы «Человек и атом» в книге Борна.

Невозможно останавливаться на множестве фактов, которые приводятся Борном в главе «Европа и наука», не впадая в простое и ненужное перечисление. Скажем лишь о главном. В главе идёт речь о всемирной истории (и роли в ней Европы) — как она представляется физика, — так пишет Борн.

Европа рассматривается с точки зрения её технического развития. Если Борн и говорит о революциях в этой главе, то только об энергетических революциях — глава насыщена здесь живым материалом, — но о социальных революциях, их значении в развитии человечества автор книги хранит молчание. Вообще отрыв техники от социально-экономических условий — наиболее уязвимый пункт главы да и всей книги. Отсюда — в

главе ничего не сказано о классовых конфликтах, прогрессивной роли революционных классов в развитии общества и отражении этой роли в развитии науки; тем самым этические проблемы, о которых много и ярко сказано Борном, повисают в воздухе, а когда в изложении совершается переход к современности, то о борьбе двух мировых общественно-экономических систем — социализма и капитализма — не говорится ничего.

Читатель сделает отсюда необходимые выводы и внесёт соответствующие коррективы.

Борн, по существу дела, пишет о социальных последствиях современной научно-технической революции. От общественного строя зависит, как будут использоваться все те огромные возможности, которые открывают человечеству наука и техника. Но у Борна имеется в виду не общественный строй. «В конечном счёте, — читаем в книге, — конфликт между Востоком и Западом, который в настоящее время будоражит весь мир, обусловлен различными философскими концепциями и различным истолкованием содержания жизни, на что, безусловно, повлияли естественные науки» (стр. 101). Едва ли здесь требуются комментарии. Действительное решение социальных проблем нашего времени возможно искать лишь на пути соединения достижений научно-технической революции с тем неведомым прежним эпохам новым содержанием, которые принёс человечеству социализм.

Вместе с тем следует учесть, что Борн, отклоняя марксизм, одновременно возражает против американского поверхностного, по его словам, образа мышления; он высказывается против власти денег и господства бизнеса, в его книге читатель не найдёт апологетики капитализма, идей о перерождении капитализма под влиянием достижений современной техники в направлении всеобщего благоденствия. Прогрессивные идеалы Борна не имеют ничего общего со взглядами современных буржуазных идеологов, идейных ревнителей, с позволения сказать, «свободного мира».

Своего рода двойственность, характерная для воззрений Борна, нашла определённое выражение также в главе «Благо и зло космических путешествий». Показательна в этом отношении концовка главы: «Пока космические проекты являются синонимом национального величия и силы и пока подавляющая часть общества находится в заблуждении относительно научной ценности и практических возможностей космических исследований, до тех пор я не смогу найти им никаких оправданий, несмотря на всё моё восхищение достигнутыми здесь успехами» (стр. 108).

Вместе с тем имеется в этой главе и такое место: «Дело приняло бы другой оборот, если бы оно превратилось в совместное предприятие всех народов, содействуя тем самым примирению противоречий и поддержанию всеобщего мира» (там же).

Именно в этом направлении и проводятся научные исследования в СССР в интересах советского народа и всего человечества. За последние годы достигнуты крупные успехи по всем линиям космических исследований для нужд народного хозяйства и развития науки, сделаны новые важные шаги в развитии международного сотрудничества Советского Союза с другими странами в изучении и освоении космического пространства в мирных целях[37].

Последняя глава книги называется «На что надеяться?». Одна из лучших в книге по талантности изложения и по искренности чувств, она посвящена вопросам войны и мира, некоторым проблемам этики, особенно вопросу об ответственности учёного. Её содержание коротко и хорошо передано во «Введении», написанном профессором Гарвардского университета Б. Коэном; излагать содержание главы мы поэтому не будем.

К сказанному во «Введении» хотелось бы немного добавить из событий и фактов настоящего дня. Принятая XXIV съездом нашей партии программа борьбы за мир и международное сотрудничество получила широкую поддержку во всём мире и стала эффективным фактором мировой политики. Плодотворное воздействие этого политического курса на ход международных событий становится всё более очевидным. Растёт активность общественности в борьбе за разрядку напряжённости, за мир и безопасность народов. Ныне многие европейские государства высказываются за созыв общеевропейского совещания по вопросам безопасности и сотрудничества. Недавно в Москве, Вашингтоне и Лондоне

подписана конвенция о запрещении разработки, производства и накопления бактериологического и токсического оружия и об их уничтожении. Эта конвенция является результатом совместных усилий большого числа государств; в подготовке её сыграли большую роль СССР и другие социалистические страны.

Укрепление советско-французского сотрудничества, соглашения, достигнутые в ходе советско-американских переговоров на высшем уровне в Москве, вступление в силу договоров СССР и Польской Народной Республики с ФРГ, консультации государств о созыве общеевропейского совещания по вопросам безопасности и сотрудничества свидетельствует о многом, совершённом в 1972 году. Не будем говорить о других успехах за время после XXIV съезда КПСС в реализации выдвинутой им программы мира. Несомненно, что советские люди, коммунистическая партия, советское правительство будут делать всё, что в их силах, для дальнейшего осуществления этой программы.

И когда Борн говорит: «Всеобщий мир в мире... больше не утопия, а необходимость...» (стр. 138), его мысли об этом, его основанные на глубоких размышлениях идея и призывы в защиту гуманности и подлинной свободы неотрывны от дела рабочего класса, трудящихся всего мира, лучших умов человечества в их борьбе против империалистической реакции, за мир, демократию, социализм.

М. Омеляновский