

**ЖИЗНЬ
ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫХ
ИДЕЙ**



Изслѣдованіе вселенной

Факсимиле заглавного листа
"Machina coelestis" Иоганна Гевели 1673 г.

Олег Мороз

ПРЕКРАСНА ЛИ ИСТИНА?

Издательство „Знание”
МОСКВА 1989

ББК 87.8
М80

Автор: О. П. МОРОЗ — член Союза писателей СССР, автор ряда книг, очерков, статей, главным образом об истории науки и о людях науки.

Рецензент: Б. М. Болотовский — доктор физико-математических наук, ведущий сотрудник ФИАН.

Редактор: С. П. СТОЛПНИК

Мороз О. П.

М80 Прекрасна ли истина? — М. : Знание, 1989. — 208 с. — (Жизнь замечательных идей).

ISBN 5-07-000056-X.

70 к. 100 000 экз.

С древнейших времен и до наших дней в науке живет представление, что окружающий нас мир устроен по законам красоты. В разные периоды истории это представление претерпевало естественные изменения, однако в целом «эстетическая» линия отчетливо прослеживается в творчестве крупнейших ученых прошлого и современности, таких, как Пифагор, Платон, Коперник, Кеплер, Галилей, Ньютон, Максвелл, Эйнштейн, Бор, Гейзенберг.

Эволюции представлений о красоте физической картины мира и посвящена эта книга, в основу которой положены очерки «В поисках гармонии» (1978 г.)

Для широкого круга читателей.

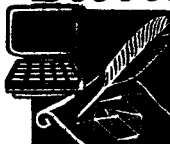
М 0301080000—018 3—89
073(02)—89

ББК 87.8

ISBN 5-07-000056-X

© Мороз О. П., 1989 г.

Введение



В одной из статей известного шведского физика лауреата Нобелевской премии профессора Ханнеса Альвена есть удивительное утверждение. «Хотя имена великих ученых-теоретиков хорошо известны,— пишет профессор Альвен,— не каждый представляет себе, каким образом они работают. Часть их работы напоминает деятельность художника. Подобно тому как художник выражает свои мысли и чувства в красках, скульптор — в глине, музыкант — в звуках, так и профессионал от искусства науки использует формулы и законы, которые, подобно всякому обогащенному отражению окружающего нас мира, являют собой степень красоты. Высочайшая похвала, которую теоретик может заслужить, показывая вновь выведенную формулу, это восторженный возглас его коллеги: «Как она красива!»

Фактически красота формулы отличается от красоты музыки не более, чем красота музыки от красоты картины... Древние греки относили астрономию к изящным искусствам, ее музой была Урания. Другие науки не попали в число изящных искусств лишь потому, что еще не существовал в то время, когда родились девять знаменитых дочерей Мнемозины».

Странная мысль, не правда ли? Всем хорошо известно, чем занимаются ученые. Если бы речь шла просто о выдумывании формул, о сочинении теорий, о рисовании графиков и диаграмм, аналогия с искусством была бы очевидной. Но ведь и формулы, и графики, и теории отнюдь не результат свободного полета фантазии. За ними в конце концов реальный мир. Они обязаны быть его отражением. Иначе они никому не нужны.

И все-таки сходство научного творчества с творчеством художественным в самом деле существует. Если пристально приглядеться к работе тех ученых-теоретиков, о которых говорит профессор Альвен, можно действительно заметить удивительную вещь: многие из них стремились построить свои теории по законам красоты, несмотря на то что представление о красивом в природе от века к веку менялось. Автор этой книги и поставил себе целью хотя бы приблизительно, хотя бы пунктирно, на примере творчества некоторых выдающихся ученых проследить основное направление этих перемен — путь развития идеи, согласно которой истина прекрасна.

В некоторых случаях, говоря о психологических мотивах, которые двигали творчеством того или иного ученого, он прибегает к гипотезам. Хотя гипотезы эти подкреплены обширным фактическим материалом, они не исключают возможности иной интерпретации этих фактов и иного объяснения этих мотивов.



Это повествование надо бы начать с Пифагора. Но о нем мы знаем мало. Память человечества со временем стирается так же, как и память одного человека. Иногда, правда, говорят, что в нашем мозгу в неостребованном виде, точно в компьютере, хранится все, чему свидетелями мы когда-либо были; задача — извлечь хранимое из молекулярных закоулков. Не знаю, не уверен, что это так. Все в мире с годами ветшает, разрушается, утрачивается. С какой стати нашей памяти быть исключением? Тем более это относится к памятникам материальной культуры — общей памяти человечества. Кто бы сказал, какой малый их процент дошел до нас, много ли из пережитого нашими предками нам ныне известно.

Конечно, когда сталкиваешься с провалом в исторической памяти, можно прибегнуть к спасительному приему — беллетристике. Сколько исторических деятелей, рожденных воображением литераторов, пошло гулять по свету, так что и отличить уже невозможно, что в их облике достоверно, что вымышлено. Блондин, бывает, становится брюнетом, высокий — низким, низкий — высоким, всплывчивый — на диво уравновешенным, рафинированный интеллигент и аристократ — своим рубашкой-парнем...

Придумываются неслучавшиеся события, незвучавшие речи... Ладно еще когда написано талантливо — таланту многое прощается, а то ведь нередко и таланта нет...

Эта книга задумана как документальная, без всяких беллетристических вкраплений. Все фигуры здесь реальные, какими они сохранились в письменных свидетельствах. Но чего нет, того нет. По причине утраты памяти о Пифагоре череду ученых, о которых пойдет здесь речь, открывает человек, воспринявший многие идеи Пифагора и пифагорейцев, — великий философ древности Платон, прозванный так за свою крепкую, широкую статью...

. Великий философ древности Платон, прозванный так за свою крепкую, широкую статью (πλάτος — по-гречески «ширина»), большую часть жизни прожил в Афинах. Однако был еще один город, с которым судьба связала его крепкими, но, увы, трагическими узами. Город, на который возлагал он многие свои надежды, но в итоге пожинал лишь разочарования. Это сицилийский город-государство Сиракузы.

Впервые он приехал туда в начале восьмидесятых годов IV века до нашей эры, примерно сорока лет от роду и был принят с почетом при дворе тамошнего тирана Дионисия: слава Платона, самого выдающегося ученика Сократа, к тому времени уже распространилась по всей Элладе. Правителям льстило общение с ним — это в глазах людей свидетельствовало об их просвещенности, любви к искусствам и наукам. Однако жизнь сицилианской знати, заполненная постоянными пиршествами, беспробудным разгулом и развратом, естественно, не могла прийти философу по вкусу. «Не понравилось мне и наедаться дважды в день до отвала, а по ночам никогда не спать одному и также всякие другие привычки, связанные с подобной жизнью, — вспоминал он позднее. — Естественно, что никто из людей, живущих под этим небом, с юности воспитанный в таких нравах, не мог бы никогда стать разумным... В то же время никакое государство не сможет наслаждаться покоем... если люди будут считать, что все нужно тратить на чрезмерную роскошь и что они ни к чему прилагать не должны никаких усилий, разве только к обжорству, пьянству и к любовным утехам. Такие государства неизбежно то и дело меняют формы правления, становятся то тираниями, то олигархиями, то демократиями, и нет этим переменам

конца. Властители таких государств не могут слышать даже имени справедливого и равноправного строя».

Ниже своего достоинства считал Платон проповедовать благие нравы перед лицом разгульной сиракузской аристократии. В этом отношении он издавна постановил для себя следовать определенному правилу. «...Когда кто-нибудь спрашивает у меня совета по жизненно важным вопросам, например по поводу приобретения денег или заботы о теле и душе,— говорил Платон,— если мне кажется, что он в своей повседневной жизни руководится какими-то правилами или что он послушается меня, я охотно даю совет относительно того, о чем он меня спрашивает, и прекращаю свои беседы, только исполнив свой долг. Если же он вообще не спрашивает моего совета или ясно, что он ни за что меня не послушается, то к такому человеку я не подойду без приглашения со своими советами...»

Советов у Платона не спрашивали, и было ясно; что никто здесь им не последует.

Однако случилось так, что из окружения Дионисия нашелся-таки один юноша, который стал для Платона благодарным и понимающим слушателем и к которому философ привязался, словно к сыну. Звали этого юношу Дион. Он был близким родственником тирана — братом его жены.

В долгих беседах Платон объяснял юному сицилийцу, что он считает «наилучшим для людей», и советовал ему добиваться этого на деле. Все сказанное Платоном его ученик принимал близко к сердцу. «...Возлюбив добродетель больше удовольствий и роскоши,— говорит Платон,— он всю остальную жизнь пожелал прожить не так, как большинство италиков и сицилийцев».

Трагически кончилась для Платона эта поездка на Сицилию. Видимо, узнав о настроениях философа, о его беседах с Дионом, Дионисий пришел в ярость. Он велел схватить Платона, отвезти на остров Эгину и продать там в рабство. Что и было исполнено.

К счастью, слава философа выручила его. Некто Анникерид из Кирены, купивший Платона за 20 или 30 мин (одна мина составляла примерно 25—36 рублей), по-видимому, был его почитателем, а потому немедленно отпустил его на свободу, не пожелав даже взять собранный друзьями Платона выкуп.

Говорят, нет худа без добра. На эти деньги Платон купил себе сад в пригороде Афин — Академии, где и основал свою знаменитую философскую школу, названную также Академией.

Казалось бы, ничто уже не могло побудить Платона когда-либо вновь отправиться на Сицилию, где с ним обошлись так вероломно. Однако со времени его первой поездки Сиракузы сделались для него не только символом беспутного и безумного государственного устройства, но и местом, где жил близкий ему по духу человек — Дион.

Переняв у Платона его образ мыслей, стараясь во всем следовать разуму и совести, Дион стал замечать, что есть среди его соотечественников такие, — правда, их немного, — которые разделяют его взгляды. Когда умер тиран Дионисий, Диону показалось, что сына его, Дионисия-младшего, наследовавшего трон отца, также можно обратить к праведной жизни и склонить к правильному образу мышления (недаром же новый правитель проявлял интерес к философии и образованию). «Если бы ему удалось вызвать такое настроение у Дионисия, как он пытался, — пишет Платон, — он имел бы большую надежду, без избиений и казней, без всех совершавшихся зол, устроить по всей стране счастливую и справедливую жизнь».

Приступая к осуществлению своего замысла, Дион, естественно, нуждался в помощи Платона, чье авторитетное слово, как он полагал, могло бы оказать на юного тирана несравненно большее воздействие, чем его, Диона, собственные проповеди. Дион убедил Дионисия послать приглашение знаменитому философу и одновременно сам в письмах призывал Платона не мешкать с приездом, ибо в противном случае другие люди вовлекут Дионисия «в иную жизнь, отвратив от лучшей». «Какого более благоприятного времени можем мы ожидать, — писал он Платону, — чем выпавшее нам теперь на долю по какому-то божественному соизволению?» Воистину, казалось бы, наступил удобный момент для воплощения любимой идеи Платона, согласно которой философы и «правители великих государств» должны быть «одними и теми же лицами».

Как отнесся Платон к этим замыслам и планам? Он колебался. Шестидесятилетнего философа страшило, что и Дион, и Дионисий слишком молоды, а молодые люди, как известно, «скоры в своих стремлениях и часто увле-

каются». Вместе с тем он знал характер Диона — «природную твердость его духа и установившуюся в нем с возрастом выдержку». Откажись Платон от поездки, — кто-то мог бы подумать, что он предал «свою дружбу и близость» с Дионом (кстати, положение Диона уже внушало в это время тревогу — слишком много он приобрел врагов, привыкнув «идти против течения»). Наконец, хотелось Платону попробовать на деле осуществить свои излюбленные идеи. Быть может, такая возможность никогда уже не появится больше. «Мне было бы очень стыдно, — говорит Платон, — как бы не оказалось, что я способен лишь на слова, а сам добровольно не взялся бы ни за какое дело».

В конце концов после долгих размышлений, взвесив все доводы «за» и «против», он решил вновь отправиться в Сиракузы. Не без сожаления покидал он свою Академию «Я пришел к указанному решению, оставив из-за этого мои философские беседы и исследования, которые так мне нравились», — писал Платон позднее. Но ему казалось, что отправляясь в логово тирании, он выполнял свой долг и тем самым «проявлял безупречное отношение к обязанностям философа». Трудно сказать, надеялся ли он всерьез, что его учение помешает молодому тирану пойти по стопам отца, сделает Дионисия добродетельным и порядочным человеком, примерным правителем. Но во всяком случае никто после этой поездки, полагал Платон, не смог бы упрекнуть его самого в изнеженности и трусости. Он отвел от себя эти упреки, избавил свое имя от позора.

Чему же учил Платон? Просто прописной добродетели? Нет, он не был заурядным моралистом. Он учил прекрасному. Однажды, когда он посоветовал Дионисию-младшему «делать все, обучившись, или не делать вовсе», тот ответил насмешливо: «Значит, обучившись геометрии, или ты имеешь в виду что-то иное?» На это Платон мог бы сказать: «И геометрии!» В его учении геометрия прямо связана и с добродетелью, и со всем остальным в человеческой жизни. Она олицетворяет собой прекрасное. По ее законам устроено небо. И этому-то устройству должны во всем подражать люди.

Многое в своем учении о космосе Платон перенял у пифагорейцев. Видимо, потому это учение и излагает у него пифагореец Тимей в диалоге, названном его же именем. Собственно, это не диалог, а почти монолог. Не переводя

дыхания, рассказывает знаменитый философ, современник Эмпедокла, Зенона, Анаксагора, Филолая, как была сотворена Вселенная и что она собой представляет.

Создал ее некий демиург — творец, мастер, бог. «Он был благ, а тот, кто благ, никогда и ни в чем не испытывает зависти. Будучи ей чужд, он пожелал, чтобы все вещи стали как можно более подобны ему самому... чтобы все было хорошо и чтобы ничто, по возможности, не было дурно...» «Невозможно ныне и невозможно было издревле, чтобы тот, кто есть высшее благо, произвел нечто, что не было бы прекраснейшим...»

Прежде все «видимые» вещи пребывали в «нестройном» и беспорядочном движении. Творец привел их «из беспорядка в порядок», «полагая, что второе, безусловно, лучше первого». Но не только порядок лучше беспорядка «...Ни одно творение, лишенное ума,— говорит Тимей,— не может быть прекраснее такого, которое наделено умом:» «Итак,— заключает он,— согласно правдоподобнейшему рассуждению, следует признать, что наш космос есть живое существо, наделенное душой и умом...»

Всякое тело должно быть видимым и осязаемым. Поэтому-то тело Вселенной бог сотворил из огня и земли. Однако два элемента невозможно хорошо соединить друг с другом. С точки зрения пифагорейцев, которую разделял и Платон, «прекраснейшего» соединения можно добиться лишь с помощью пропорции. А пропорция требует, по крайней мере, трех членов. «Кроме того, поскольку Вселенную предполагалось создать не плоской, а объемной, надлежало использовать уже не одну, а две пропорции. Для этого к огню и земле пришлось добавить воздух и воду. После этого творец установил между всеми этими четырьмя элементами «возможно более точные соотношения» «дабы воздух относился к воде, как огонь к воздуху, и вода относилась к земле, как воздух к воде».

Так и родилось тело космоса, «стройное благодаря пропорции». «И благодаря этому в нем возникла дружба, так что разрушить его самотождественность не может никто, кроме лишь того, кто сам его сплотил».

Очертания же Вселенной творец сообщил такие, «какие были бы для нее пристойны и ей сродны». «...Он путем вращения округлил космос до состояния сферы, поверхность которой повсюду ровно отстоит от центра, то есть сообщил Вселенной очертания, из всех очертаний наиболее совершенные и подобные самим себе,— а подобное

он нашел в мириады раз прекраснее того, что неподобно»

Кроме того, демиург заставил тело космоса «единообразно вращаться в одном и том же месте, в самом себе, совершая круг за кругом». Остальные шесть мыслимых для всякого живого существа движений — вперед, назад, вправо, влево, вверх, вниз — «были устранены, чтобы не сбивать первое».

В центре тела творец поместил душу космоса, откуда «распространил ее по всему протяжению и впридачу облек ее тело извне». «Так он создал небо, кругообразное и вращающееся, одно-единственное, но благодаря своему совершенству способное пребывать в общении с самим собою, не нуждающееся ни в ком другом и довольствующееся познанием самого себя и содружеством с самим собой».

В конце концов демиург дал космосу «жизнь блаженного бога». О большей красоте, о большем совершенстве нельзя было и мечтать.

Как устроено прекрасное тело космоса, у Платона говорится весьма подробно. Но душа Вселенной тоже не есть что-то отвлеченное. Она тоже обладает определенным строением. Прежде всего душа состоит из неких трех сущностей — из той, что неделима и вечно сама себе тождественна; из той, которая «претерпевает разделение в телах», и третьей, образуемой путем смешения первых двух. Создав эту «триединую» душу, творец разделил ее на «нужное» число частей. Причем деление он проводил в соответствии с некоторым принципом: получаемые части находились между собой в определенном соотношении. Первую часть демиург выбирал произвольно, не налагая на нее каких-либо условий. Вторая была вдвое больше первой. Третья — в полтора раза больше второй и в три раза больше первой. Четвертая — вдвое больше второй. Пятая — втрое больше третьей. Шестая — в восемь и седьмая — в двадцать семь раз больше первой.

То есть получались своего рода «наборы» из семи частей, величины которых относились друг к другу как $1 : 2 : 3 : 4 : 9 : 8 : 27$.

Кажется, что за странный ряд? Однако он будет представляться нам менее странным, если мы примем во внимание, что Платон положил в его основу принцип «двойных и тройных промежутков». Иными словами, здесь, по сути

дела, соединены два ряда: $1 : 2 : 4 : 8$ и $1 : 3 : 9 : 27$, две геометрические прогрессии, или пропорции, как зовет их Платон. Это уже довольно изящное построение. Вот о нем общий принцип-закон «золотого деления», известный еще пифагорейцам!

Но этого мало. Выбранная Платоном семерка последовательных цифр образует еще некоторое сочетание музыкальных тонов: $1 : 2$ — октава, $2 : 3$ — квинта, $3 : 4$ — кварта, $4 : 8$ (то есть тоже $1 : 2$) — опять октава, $8 : 9$ — целый тон. Отношение $8 : 27$ представляется в виде трех отношений — $8/16 \times 16/24 \times 24/27$. Это октава, квинта и целый тон.

Подобно пифагорейцам, Платон наполняет мироздание неслышимой музыкой. Неслышимой и «невидимой» — ведь невидима душа космоса, устроенная по правилам музыкальной гармонии.

Однако и на этом философ не останавливается. Его творец делит образовавшиеся части души на еще более мелкие, так, чтобы остались только кварты и целые тона: октава делится на кварту и квинту ($1/2 = 3/4 \times 2/3$), а квинта — на кварту и целый тон ($2/3 = 3/4 \times 8/9$). Наконец, Платон пытается все свести к целым тонам, видимо, считая тон неким музыкальным «кирпичиком», элементом мироздания. Но кварта на тона не расчлняется, получается еще некоторый остаток ($3/4 = 8/9 \times 8/9 \times 243/256$). Платон примиряется с тем, чтобы кварта состояла из двух тонов и остаточной доли $243/256$.

Итак, вся космическая душа разделена на одинаковые музыкальные доли, символизирующие ее гармонию, хотя время от времени через какое-то число гармонических частей встречается негармоническая часть, остаток. По-видимому, она призвана означать, что некоторый, пусть незначительный беспорядок, незначительное несовершенство все же свойственны космосу, ведь космос — это не вечное, а возникшее, это лишь подобие некоего вечного и наисовершеннейшего «образца», вероятно, самого демиурга. А подобие, конечно же, чем-то должно отличаться от того, чему оно подобно, и притом не в лучшую сторону.

Впрочем, сам Платон никак не поясняет, зачем ему надобны все эти деления. О причинах их появления лишь строят догадки его многочисленные комментаторы, которые к тому же не всегда согласны между собой.

Таковы рассуждения Платона, касающиеся космической души. До сих пор они почти нигде не пересекались с тем, что люди реально видели на небе. Членение этой души — просто некий арифметический принцип, который, по мнению Платона, господствует в мироздании. Но ведь душа невидима, а потому и пропорции, царящие в ней, не так-то легко заметить.

Однако есть все же, оказывается, у невидимого некоторая связь со зримыми вещами. Всю огромную смесь долей, образовавшуюся при делении космической души, творец рассек на две части и сложил их крест-накрест, «наподобие буквы Х». Получились как бы две плоскости, два круга, скрещенные между собой под некоторым углом. Круги эти были приведены во вращение, один — слева направо, а другой — справа налево. Причем первый круг охватывал второй, был внешним по отношению к нему. Этот первый круг олицетворял собой природу неделимого, вечно тождественного, второй же воплощал в себе «иное» и был разделен на семь неравных кругов по уже известному нам правилу двух вклиненных друг в друга геометрических прогрессий: величины этих кругов относились между собой как $1 : 2 : 3 : 4 : 9 : 8 : 27$ — первый конкретный пример гармонического соотношения частей космической души.

Мы догадываемся, что под двумя наклоненными друг к другу кругами Платон подразумевает плоскость экватора и плоскость солнечной эклиптики. А семь кругов, получившихся в результате деления круга «иноного», имеют прямое отношение к семи «неподвижным звездам»: на эти круги позднее будут помещены Луна, Солнце и пять планет.

Не так уж невидима душа. По сути дела, она тесно сопряжена у Платона с тем, что можно наблюдать на небе.

Солнце, Луна и планеты, по мнению Платона, созданы были лишь для того, чтобы с их помощью определять и блюсти время. Прежде, до сотворения мира, никакого времени не было как раз потому, что не было самого мира. Существовал только некий образец, наподобие которого в дальнейшем и был создан космос. Но образец являл собой «вечно живое существо». Для вечности же, как полагает Платон, понятие времени не имеет смысла. Это понятие приложимо лишь к тому, что возникло, пережило становление. Время и вечность — две вещи несовместные. Время — лишь приблизительная копия вечности, ее подобие. «Вре

мя возникло вместе с небом,— говорит философ,— дабы, одновременно рожденные, они и распались бы одновременно, если наступит для них распад».

Самое поразительное здесь то, что по форме эта платоновская идея точно совпадает с аналогичной идеей теории относительности. Ведь и теория относительности, появившаяся две с лишним тысячи лет спустя, утверждает, что бессмысленно говорить о времени при отсутствии того, что составляет мироздание, «небо».

Итак, есть тело космоса, есть его душа, созданные по законам красоты, и есть некие часы, роль которых играют «светила». Их творец поместил на семь кругов, по которым происходило вращение «иного». После того как светила стали живыми существами и «уразумели порученное им дело», они также принялись вращаться вдоль движения «иного». А чтобы эти мерила времени сделались видны всем живым существам, бог «во втором от Земли круге возжег свет, который ныне мы называем Солнцем». Так появились ночь и день — этот «круговорот единого и наиразумнейшего обращения». Так возникли месяц и год.

Наконец, демиург сотворил четыре рода богов — небесный, пернатый, водный и сухопутный. Небесный род богов он распределил «кругом по всему небу, все его изукрасив и тем создав истинный космос». Причем каждому богу он даровал два движения — «единообразное», на одном и том же месте («дабы о тождественном они всегда мыслили тождественно»), и поступательное — вдоль круговращения «тождественного и подобного», то есть вдоль плоскости земного экватора. Так родились «неподвижные» звезды.

Земле же, «кормилице нашей», творец «определил вращаться вокруг оси, проходящей через Вселенную, и поставил ее блюстительницей и устроительницей дня и ночи как старейшее и почтеннейшее из божеств, рожденных внутри неба».

На этом Платон и завершает в общих чертах сотворение своего «прекраснейшего» и «совершеннейшего» мироздания.

Мы не однажды еще услышим, причем от мыслителей, более искушенных в действительном постижении мира, нежели Платон, восхищение прекрасным устройством

Вселенной. Но никто уже позднее не скажет, что и сами мы созданы во всем подобными космосу — согласно тем же принципам, из той же «смеси», хотя и по более низким стандартам качества.

Остатки того «состава», из которого творец создал душу Вселенной, он налил в тот же самый сосуд примерно такими же пропорциональными долями и перемешал их снова. Но чистота этой смеси была уже «второго или третьего порядка». Из нее он выделил столько человеческих душ, сколько на небе звезд, и распределил их между звездами по одной. Душам, словно звездам, творец назначил вечное круговращение.

Тела живых существ демиург сам делать не стал. Он поручил это созданным им богам, предупредив их только, чтобы они во всем подражали его собственным творениям. Боги так и поступили. Копируя очертания Вселенной, «со всех сторон круглой», они из частиц огня и земли, воздуха и воды, занятых ими у космоса, создали «сферовидное тело, то самое, которое мы ныне именуем головой» и которое являет собой божественнейшую часть человека, «владеющую над остальными частями». В пределы головы они и включили оба свойственных душе «божественных» круговращения — «тождественное» и «иное». А чтобы голова не катилась по земле, «всюду покрытой буграми и ямами», боги придали ей «вездеходную колесницу» — туловище, руки и ноги.

И вот начался в человеке спор двух родов круговращений — тела и души. Круговращения бессмертной души должны были устоять перед напором телесных, смертных круговращений, прежде всего перед «притоком и убылью в теле». Но не только они нарушали в душе ее вечные орбиты. «Если уже поток пищи, переполнявший тело и затем снова из него уходящей, был достаточно мощен, — говорит Платон, — то еще более мощную смуту вызывали внешние воздействия». Передаваемые человеческими ощущениями, они постоянно сотрясают круговращения души. И хотя ее гармоническая основа до конца не может быть разрушена, все же ее круги и стройные пропорции нередко идут «вкривь и вкось», гармония и порядок нарушаются.

Итак, человек устроен подобно космосу. И тело, и душа его повторяют прекрасный строй и очертания Вселенной. Но если космической душе не грозит бунт со стороны тела, если на небе нет опасности раздора и смуты, то человек совсем не застрахован от такой угрозы и опасности. На-

против, с самого рождения низшее в нем постоянно посягает на высшее — тело посягает на душу. Худшее для человеческой души — подпасть под власть телесного, подчиниться ему. Когда такое случается, наступает дисгармония, хаос. А самое душу ждут тяжелые кары. Будучи первоначально придана мужчине и не сумев в течение жизни одолеть телесное, она «при втором рождении» помещается в тело женщины. Если и здесь душа не выдержит испытаний, при следующем рождении она соединится с телом какого-либо животного, соответствующего ее «порочному складу». Конец ее мучениям наступит только тогда, когда душа победит данным ей рассудком «смуту огня и воды, воздуха и земли», то есть всего телесного, «одолеет их неразумное буйство» и возвратится в «прежнее и лучшее состояние».

Вот чему учил Платон. В человеческой природе, считал он, заложены два начала — разумное, сопряженное с его душой, и неразумное, иррациональное, связанное с телом. Лучшее положение дела, когда первое властвует над вторым. Но в действительности не всегда так бывает. Если эта власть и обрывается, то лишь после тяжелой борьбы.

Человеку изначально свойственно стремление достичь такого же прекрасного и совершенного порядка, какой он видит перед собой на небе. Собственно, чтобы созерцать это совершенство, ему и даны глаза. «...Причина, по которой бог изобрел и даровал нам зрение, — пишет Платон, — именно эта: чтобы мы, наблюдая круговращения ума в небе, извлекли пользу для круговращения нашего мышления, которое сродни тем, небесным [круговоротам], хотя в отличие от их невозмутимости оно подвержено возмущению; а потому, уразумев и усвоив природную правильность рассуждений, мы должны, подражая безупречным круговращениям бога, упорядочить непостоянные круговращения внутри нас».

С той же целью дарована людям музыка. Хотя многие видят в ней лишь источник «бессмысленного удовольствия», на самом деле она, как считает Платон, призвана доносить до человека гармонию, «пути которой сродны круговращениям души». Музы даровали ее каждому рассудительному человеку как средство против разлада в этих круговращениях, которое должно привести душу «к строю и согласованности с самой собой».

Все свои поступки, всю свою жизнь человек обязан строить по законам гармонии, подражая в том небу. Того же, кто неразумен, кто не следует этим законам, неминуемо постигает крах.

В свою очередь, и государство, где заправляют неразумные люди, никогда не сможет «наслаждаться покоем». Нам уже известен приговор, вынесенный Платоном таким государствам: они «неизбежно то и дело меняют формы правления, становятся то тираниями, то олигархиями, то демократиями, и нет этим переменам конца. Властители таких государств не могут слышать даже имени справедливого и равноправного строя».

Вот чему учил Платон. И с этим учением, хотя, быть может, и не предполагая высказывать его столь откровенно, он решил обратиться к тирану Сиракуз Дионисию-младшему в надежде, что тот последует, по крайней мере, некоторым его советам.

Дионисий был сложный человек. Он и в самом деле обладал интересом и способностями к философии. Ему нравилось, когда о нем говорили как о просвещенном правителе. Но прежде всего он был властолюбивый политик, этим в конце концов и определялись его поступки в отношении Платона.

Когда Платон по приглашению Дионисия и по просьбе Диона прибыл в Сиракузы, он нашел там «неблагоприятную» обстановку. В окружении Дионисия шли постоянные раздоры. Его приближенные, недруги Диона, нашептывали тирану, будто Дион хочет отнять у него власть. Сиракузы непрерывно враждовали с варварскими племенами, жившими на Сицилии и совершавшими набеги на города и поселки эллинов.

Что же именно советовал Платон Дионисию? Не впрямую, но обиняком, в споре, он вместе с Дионом наводил его на мысль о необходимости «прежде всего каждодневно жить таким образом, чтобы как можно больше иметь над собой власти». Это первый совет. Второй же — приобрести себе друзей, «единодушных с ним в стремлении к добродетели».

«Властвовать над собой», «быть в согласии с самим собой» Дионисий, по словам Платона, «удивительно как не умел». Что это за «власть» и «согласие»? Как считает Платон, есть два рода «разлада», которому подвержен

человек: «Когда... душа слишком сильна для тела и притом яростна, она расшатывает тело и наполняет его изнутри недугами; самозабвенно предаваясь исследованиям и наукам, она его истощает... Напротив, когда большое, превосходящее душу тело соединяется со скудными мыслительными способностями, то... порывы более сильной стороны побеждают и умножают собственную силу, а душу между тем делают тупой, непонятливой и забывчивой, навлекая на человека невежество, этот злейший из всех недугов».

«От того и другого, — продолжает Платон, — есть лишь одно спасение: не возбуждать ни души в ущерб телу, ни тела в ущерб душе, но давать обеим сторонам состязаться между собой, дабы они пребывали в равновесии и здравии. Скажем, тот, кто занимается математикой или другим делом, требующим сильного напряжения мысли, должен давать и телу необходимое упражнение, прибегая к гимнастике; напротив, тому, кто преимущественно трудится над развитием своего тела, следует в свой черед упражнять душу, занимаясь музыкой и всем тем, что относится к философии, если только он хочет по праву именоваться не только прекрасным, но и добрым. Сообразно с этим должно заботиться и об отдельных частях [тела], подражая примеру Вселенной».

Дионисию, несмотря на его склонность к образованию, без сомнения угрожает «разлад» второго рода. И совет, как добиться «согласия с самим собой» и «власти над собой», тут может быть один — заниматься философией.

Что же касается второго совета — приобретать как можно больше друзей, — Дионисию, если он не последует этому совету, как считает Платон, грозит участь его отца. Тот, захватив много крупных городов в Сицилии, ранее разрушенных варварами, не был в состоянии ими управлять, ибо не мог поставить во главе их дружественных ему людей — таких у него просто не было. Потому-то Дионисию-младшему и следовало позаботиться о приобретении друзей.

Главное же, «став человеком разумным и рассудительным», поставив во главе подвластных ему городов верных и близких ему по духу людей, Дионисий должен был даровать этим городам законы — неперенный, с точки зрения Платона, атрибут справедливого государственного устройства. «Сицилия, равно как и любое другое государство — считал Платон, — не должна находиться под властью

деспотов, но должна управляться законами». Законы для государства — это то же самое, что добродетель для человека. И то и другое служит добру и разуму. А добро и разум прекрасны, в то время как зло и безумие безобразны. И то и другое устанавливает порядок: добродетель — в человеке, законы — в государстве. И этот порядок подобен тому, что царит во Вселенной.

Вот каковы были «речи и увещевания», обращенные Платоном и его учеником, Дионом, к тирану Сиракуз Дионисию-младшему. Однако злоречье, направленное против них, оказалось сильнее. Распространяемый недругами Диона слух, будто он готовит заговор против Дионисия, делался все упорнее. Платон, как мог, пытался защищать своего младшего друга перед тираном, но все напрасно. Примерно на четвертый месяц пребывания Платона на Сицилии Дионисий изгнал Диона из Сиракуз, «изгнал с бесчестьем, погрузив на маленькое судно».

После этого все козни врагов обратились против самого Платона. Они пустили слух, что во всем виноват именно он и что Дионисий будто уже отдал приказ его казнить. Быть может, тиран и в самом деле что-то замышлял против своего гостя, поскольку в вероломстве он не уступал своему отцу, однако, по-видимому, вовремя сообразил, что, если он причинит вред знаменитому философу, это не пойдет на пользу ему самому. Или возможно, чутье политика ему подсказало, что не следует перегибать палку, ибо это умножит число недовольных и может в конце концов привести к взрыву. Так или иначе, Дионисий резко переменялся по отношению к друзьям Диона, а особенно к Платону. Он принялся их одаривать милостью, Платона же всячески успокаивал и просил оставаться в Сиракузах. «А ведь мы знаем, что просьбы тиранов смешаны с принуждением», — с горькой иронией замечает по этому поводу Платон. И в самом деле, чтобы философ не вздумал чего доброго отказать ему в этой «смиренной» просьбе, Дионисий переселил его к себе в акрополь. Оттуда уже ни один кормчий не мог увести Платона против воли его «покровителя» и «гостеприимного хозяина». «Любой купец, любой начальник пограничных дорог, — говорит Платон, — каждый из них, кто увидал бы меня уходящим одного, без охраны, схватил бы меня и быстро снова привел к Дионисию».

Вследствие всех этих «милостей» не замедлил распространиться новый, противоположный слух, будто бы Дионисий «удивительно как любит и уважает» Платона.

А что же было на самом деле? Дионисий действительно все более и более выражал Платону свое расположение. «...Чем больше при встречах со мной он узнавал мой образ мыслей и мой характер, — вспоминает Платон, — тем сильнее он хотел, чтобы я хвалил его усерднее, чем Диона, и чтобы я лишь его отличал как друга, а не Диона, и в этом отношении он проявлял страшную ревность». Вступить же на тот путь, который позволил бы Платону, не греша против совести, воздать ему «усердную» хвалу, то есть учиться и слушать беседы Платона по философии, постоянно находиться с ним в общении, сделаться к нему в самом деле ближе, он остерегался, «страшась злоречья клеветников».

Платон сколько мог твердо держался того намерения, с которым он прибыл на Сицилию, — сделать все, чтобы тиран почувствовал желание «жить жизнью философа». Однако «противодействие» Дионисия победило. В конце концов философ осознал тщетность своих усилий и вместе с этим бессмысленность своего пребывания в Сиракузах. Если врач дает советы больному, который не желает его слушать, такого врача, говорит Платон, следует считать человеком слабым и неискусным. Точно так же есть и среди правителей такие, которые «полностью сошли с правильной стези государственного устройства и ни в коем случае не желают вернуться на эту стезю, причем советуемому приказывают оставить их строй неприкосновенным, а если кто будет его касаться, тем грозят смертью либо они велят ему давать советы, приноравливаясь к их прихотям и стремлению самым легким и скорым путем сохранить на вечные времена их строй». «Так вот, — продолжает философ, — если кто при таких обстоятельствах продолжал бы давать советы, я счел бы его человеком слабым; отказывающегося же все это выполнять я почел бы за настоящего мужа».

Платон стал убеждать Дионисия отпустить его. В ответ на это тиран потребовал с него обещания через некоторое время опять приехать в Сиракузы. Заверил, что он вернет назад также и Диона, даже просил передать ему, чтобы он считал себя не находящимся в изгнании, а совершающим «некое путешествие в иные места». На этих условиях Платон согласился вернуться со временем на Сицилию и был наконец отпущен восвояси.

Очень не хотелось Платону, когда пришло время и Дионисий прислал за ним, выполнять свое обещание — в третий раз отправляться на злосчастный остров. Слава богу, что во время второй своей поездки он «счастливым спасся на родину». С какой стати снова испытывать судьбу? Тем более что, по сути, нет никакой надежды в чем-либо убедить тирана, наставить его на путь истинный, приобщить к добру и красоте. Однако друзья философа, в том числе и Дион, настаивали на его поездке. К тому же пошли слухи, будто сиракузский тиран опять «охвачен сильнейшей страстью к философии». Платон не принимал эти слухи всерьез. Он решительно отказался от приглашения.

Тут уж у тирана «особенно заговорило честолюбие». Несколько раз приезжали в Афины гонцы из Сицилии. Все они в один голос твердили, что Дионисий «целиком отдался философии». Эти призванные польстить Платону новости были подкреплены обещанием Дионисия «устроить все дела» Диона в случае, если философ прибудет в Сиракузы. Сицилийские и итальянские знакомые Платона также просили его приехать, ссылаясь на то, что иначе пострадают их политические планы. И снова, чтобы никто не мог упрекнуть его в неверности, в предательстве друзей, Платон решает отправиться туда, где уже дважды попадал он в уготованную ему ловушку. К тому же в нем вновь пробуждаются надежды переубедить, переломить Дионисия, обратить его к философии, к правильному образу мышления. Только что не веривший слухам о перемене, произошедшей будто бы в Дионисии, Платон уже не находит ничего удивительного в том, «что одаренный молодой человек, ранее пропускавший мимо ушей беседы по важным вопросам, возымел вдруг стремление к совершенной жизни».

Удивительно, как до тривиальности похожа оказалась эта третья поездка великого философа на две предыдущие. Лишь однажды удалось ему побеседовать с Дионисием на философские темы. Причем Дионисий «делал вид, что многое и самое главное он уже знает». Дальше началось обычное. Вопреки обещаниям «устроить дела» Диона Дионисий, напротив, неожиданно запретил своим управляющим посылать изгнаннику принадлежащие ему деньги под тем предлогом, будто бы они принадлежат вовсе не ему, а его сыну. После этого он принялся распродавать имущество Диона.

Предательство совершилось в третий раз. Надежды Платона рухнули окончательно. «После этого так мы жили, я и Дионисий,— говорит Платон,— я — глядя по

сторонам, подобно птице, жаждущей улететь, а он — придумывая хитрости, чтобы меня запугать...»

Последующие события были еще драматичнее. Дионисий вздумал урезать жалованье своим наемникам. Те подняли восстание и осадили акрополь. Тиран не на шутку струсил, пошел на попятную. А чтобы вовсе отвести от себя гнев бунтовщиков, свалил все на одного из своих военачальников — Гераклида, велел схватить его и выдать наемникам.

Платон, конечно, не мог оставаться бесстрастным свидетелем такого вероломства. Он вступился за Гераклида, который, впрочем, сам позаботился о себе, незаметно исчезнув из Сиракуз. Недовольный вмешательством Платона, Дионисий выселил его за пределы акрополя. Среди наемников же распространился слух, будто во всем виноват именно философ, нашептывавший тирану свои советы. Над Платоном нависла угроза гибели. Жившие на Сицилии соотечественники, афиняне, предупреждали философа, что пельтасты замышляют его убийство. Недаром он отправлялся в эту поездку, «пророча себе все самое худшее». Пророчество готово было сбыться.

Не мешкая, Платон послал письмо друзьям в Италию — тем самым, что так настойчиво советовали ему поехать на остров, прося их как-нибудь вызволить его из беды. Друзья откликнулись, «под предлогом какого-то посольства» прислали на Сицилию тридцативесельный корабль. К счастью, и на этот раз удалось убедить Дионисия не задерживать в Сиракузах престарелого философа, так доверчиво откликавшегося всякий раз на его приглашения.

Невыполнимой оказалась задача склонить властолюбивого правителя к подражанию небесной гармонии. В 357 году до нашей эры Дион свергнул тирана Сиракуз и тем «вразумил Дионисия уже на деле».

Трудно сказать, пытался ли он сам всерьез осуществить идеи, слышанные им в молодости от Платона. Четыре года спустя Дион был убит в результате предательского заговора.

С Дионом отошла последняя надежда афинского философа увидеть на практике то, о чем трактовал он в своем учении. Так и не удалось Платону даже на маленьком клочке земли добиться такого прекрасного порядка, какой разглядел он на небесах

Эта трагическая история поучительна. Трудно подражать небу. Трудно научить других такому подражанию.

Но для нас интереснее всего, как, с точки зрения Платона, устроено само небо. Мы видели, он строит его по законам красоты. Отголоски такого подхода не однажды нам будут встречаться то у одного, то у другого ученого последующих эпох. Иной раз не только отголоски. Кое в чем нам удастся найти прямое сходство с идеями Платона. Кеплер в основу своей Вселенной положит пять правильных «платоновых» тел — куб, призму, восьмигранник, двенадцатигранник и двадцатигранник. Эти фигуры у него будут играть роль вместилищ, содержащих сферы шести планет. Сам же Платон использовал их иначе. Как мы знаем, все «видимое и осязаемое», согласно его представлению, было сотворено из огня, земли, воздуха и воды. В свою очередь, эти «первоначала» составлялись из мельчайших, неразличимых частиц, обладающих как раз формой «правильных» тел. Частицы земли, «наиболее устойчивого» элемента, имели форму куба, частицы огня, «острые», внедряющиеся во все, — форму правильной призмы, частицы воздуха, близкого по своим свойствам к огню — легкого, подвижного, — форму восьмигранника, частицы воды — форму двенадцатигранника. После этого, как говорит Платон, «в запасе оставалось еще пятое многогранное построение» — двадцатигранник. Его бог использовал, когда «разрисовывал и украшал Вселенную». Как именно использовал, Платон не поясняет. Но умолчания и недоговоренность вообще у него не редкость.

«Наивысшая возможная красота» и «наивысшее совершенство» такого построения «первоначал», с точки зрения Платона, заключались в том, что все они были сложены из двух «прекраснейших» прямоугольных треугольников — равнобедренного и такого, у которого «квадрат большей стороны в три раза превышает квадрат меньшей» (говоря иначе, один из острых углов его равен 30 градусам, а лежащий против него катет, как мы знаем еще по школьным учебникам, составляет половину гипотенузы). Складывая друг с другом два равнобедренных треугольника, мы получаем квадрат — основу для построения куба (земли). Второй, неравнобедренный, треугольник замечателен тем, что он «в соединении с подобным ему образует третий треугольник — равносторонний» (для этого исходные треугольники надо приложить друг к другу большими катетами). А уже непосредственно из равносторонних

треугольников строятся все остальные многогранники и вслед за тем огонь, воздух, вода.

Таким путем «первоначала» всего при сотворении Вселенной и были приведены «к наивысшей возможной для них красоте и к наивысшему совершенству». Конечно, эти «первоначала» существовали и прежде, говорит Платон, но «в них не было ни разума, ни меры: хоть огонь и вода, земля и воздух являли кое-какие приметы присущей им своеобразности, однако они пребывали всецело в таком состоянии, в котором свойственно находиться всему, до чего еще не коснулся бог».

Не говоря уже о фантастичности всех этих представлений (эта фантастичность вполне понятна), мы, в отличие от Платона, и с точки зрения эстетической находим в них некоторое несовершенство. Они не совсем нас удовлетворяют, поскольку в своих построениях Платон использует правильные многогранники не одинаково, «не симметрично». «Правильных» тел пять. А элементов мироздания, которые из них слагаются,— только четыре: огонь, земля, воздух и вода. Один из многогранников лишний, он остается не у дел. Кроме того, огонь, воздух и вода построены из одних и тех же, равносторонних, треугольников, а потому, согласно представлению Платона, могут превращаться друг в друга. Четвертый же элемент, земля, сложен из треугольников другого типа — равнобедренных. Она стоит особняком. Ей запрещено превращаться в другие стихии. Опять асимметрия.

Знаменательно, что Кеплер в своей модели мира пытался использовать все правильные многогранники именно одинаковым образом. Прилаживал их так и этак, тяжело переживал, если симметрия нарушалась. В ограниченном числе этих многогранников — их существует только пять, ни больше, ни меньше — он и видел как раз намек на то, что они должны быть применены строго одинаково.

У Платона не было такого стремления. То ли он понимал симметрию как-то иначе, то ли считал, что некоторая несимметричность вполне допустима, что она не нарушает общей красоты мироздания. Мирился же он с «негармоническим» остатком при делении мировой души!

И то сказать, он мог себе это позволить: вряд ли кто еще в какие-либо времена столько заботился о том, чтобы Вселенная выглядела прекрасной.

Вот к каким давним годам восходит идея абсолютной красоты мироздания — ко времени Пифагора и Платона, к VI—IV векам до нашей эры. Рукой Платона впервые была нарисована последовательная и законченная прекрасная картина мира. Все, начиная от космоса и кончая человеком, самой материей (правда, материей «вторичной», какой Платон считал четыре «стихии» — огонь, землю, воздух и воду), представало в этой картине построенным по высоким эстетическим стандартам. Не правда ли, поглядев на нее, поверив ей, любой человек должен был почувствовать себя счастливым? Он должен был возрадоваться тому, что живет в таком совершенном, в таком гармоничном мире, что сам он составляет маленькую частицу этой гармонии. Ему на ум, как того и хотел Платон, в самом деле должно было прийти, что долг его — всем, чем он только может, способствовать поддержанию прекраснейшего и совершеннейшего порядка во всем сущем.

Конечно, Платон не был «ученым-теоретиком», как мы это теперь понимаем. И сам он сознавал, что созданная им картина не может быть во всем достоверна, она лишь «вероятна», «правдоподобна». Не обремененный глубокими знаниями физики, космологии — в ту пору этих знаний просто не было, — он рисовал на чистом холсте. Он действовал скорее как художник, нежели как ученый. И этот род творчества вполне мог быть отнесен к искусству, которому покровительствует одна из муз.

То была счастливая пора младенческого возраста человечества. Эллин, всем сердцем стремившийся к красоте, обладал прекрасной возможностью осуществить это стремление. Ему не препятствовало в том реальное знание. Он мог свободно творить мифы о природе, не страшась упрека, что рисуемая им картина не совпадает с действительностью.

Позднее, по мере того как стали проясняться детали реальной природы, все меньше и меньше оставалось простора для фантазии. Делалось ясно, что главное в картине мира — не навязываемая ему художником красота, а наибольшее, какое только возможно, сходство с оригиналом. Да и потребности такой в красоте уже не было. Словно вода после разлива, она мало-помалу уходила в предназначенное ей русло — в русло искусства.

И все же необычайно сильной оказалась эта пифагорейская и платоновская линия в науке. Ее дальние отголоски хорошо различались даже спустя два тысячелетия.

Ощущаются они и поныне, хотя слабее. В чем здесь дело? В чем тайна этой живучести? Быть может, одно из объяснений в том, что стремление к красоте по своей силе равно стремлению к истине. Мы говорим, что поиск красоты давно уже пошел по одному руслу, а поиск истины — по другому. Этими руслами продвигаются разные группы людей. Но ведь оба эти стремления заложены в каждом человеке. Если человек занимается наукой, вряд ли его утешит мысль, что кто-то другой удовлетворяет свою жажду красоты, занимаясь художественным творчеством. А как быть ему самому? Выбрать себе второе занятие, занятие для досуга, для отдыха — как говорят, хобби? И выбирают. Но человек старается осуществить все свои возможности и стремления в главном своем деле. Это ему свойственно. И вот в промежутки между чем-то сугубо рациональным в мышлении ученого вклинивается иррациональное, не имеющее как будто отношения к строгому познанию действительности. Мы догадываемся: это дает о себе знать потребность в красоте. Жгучая потребность. Это ослабленное эхо давней эллинистической эпохи, когда наука и искусства существовали нераздельно.

Простора для «искусства науки» в наше время, конечно, меньше. Но простор все-таки есть. Всегда находятся белые пятна, не заполненные точным знанием. Здесь и разыгрывается воображение, которое сродни художественному. Бывает, встречаются различные гипотезы, по всем статьям как будто одинаково правомочные. Ученому надо выбрать одну из них. Он смотрит, какую. И нередко выбирает ту, что красивее. Но почему? Неужели это природа предпочитает красивое некрасивому? Пока что нам ясно: красивое предпочитает человек.



Коперник

Один из ученых, читавший рукопись этой книги, написал на полях: «Почему в книге нет Аристотеля?» В самом деле, почему? Он ведь много размышлял о подобных материях — о небе, о красоте, хотя по-другому, нежели Платон.

Дело вот в чем. Написав о Платоне, я сказал себе: довольно. Истоки идеи об истине-красоте ясны. Вряд ли стоит рассказывать обо всех ее приключениях в древние времена. Мы и в наше время устали от умозрительных рассуждений, когда и это вроде бы верно, и то, и так вроде бы справедливо, и наоборот. Интересней взглянуть на идею древних в соотношении с реальным познанием — наблюдениями, опытами, расчетами. А это века гораздо более поздние, чем век Аристотеля.

Кажется, что общего между Платоном и Коперником? Один — философ, произвольно творивший образ Вселенной по законам красоты и гармонии, какими они ему казались. Другой — астроном, стремившийся — в духе нового времени — постичь мир таким, каков он в действительности. Выясняется, однако, — общее есть.

Века миновали, родились и умерли государства, верования, системы мира. А идея красоты выжила. В чем причина? Не в том ли, что от столетия к столетию человека

окружает все та же зримая, видимая красота? Красота земли и неба.

У красоты неба тут особенная роль — так и кажется, что она скрывает в себе великую тайну — тайну единения человека с мирозданием. Эту тайну трудно постичь. Но уж вовсе нет надежды на постижение у тех из нас, кто ни разу не любовался ночным небом с раскинутой по нему щедрой россыпью звезд...

...Кто из нас не любовался ночным небом с раскинутой по нему щедрой россыпью звезд? Неповторимая, ни на что не похожая картина. Тысячи мерцающих загадочных точек на черном пологие смотрят на тебя как бы вызывающе, маняще. Если нельзя полететь, приблизиться к этим точкам, хочется, по крайней мере, подумать или почувствовать что-то такое, достойное этого исключительного момента — момента созерцания ночного неба.

Вероятно, такие чувства испытывал когда-то и никому не ведомый еще юноша, сын купца из польского города Торуня Николай Коперник. Позже, как бы обосновывая свое увлечение астрономией, охватившее его еще в годы учения в Ягеллонском университете в Кракове, он писал: «Из числа многочисленных и разнообразных искусств и наук, пробуждающих интерес и являющихся живительной силой для человеческого разума, по моему мнению, с величайшим жаром следует себя посвятить тем, которые исследуют круг предметов, наиболее прекрасных и наиболее достойных познания. Таковыми являются науки, которые изучают чудесные обращения во Вселенной и бег звезд, их размер и расстояния, их восход и заход, а также причины всех иных небесных явлений, а затем объясняют все строение мира. А что есть прекраснее, чем небо, охватывающее все, что прекрасно?»

Да, небо прекрасно. Однако сегодня, любуясь им, мы остерегаемся на основании наших восторженных чувств делать какие-либо заключения о строении Вселенной, предстающей нашему взору.

Не так было у Коперника. Он не только восхищался небом, — основу для этого восхищения он видел в изумительном порядке и гармонии, которые, по его мнению, царят в мироздании. Вселенная, полагал Коперник, «устроена в высшей степени совершенно».

Гармония мира была для великого астронома не просто

поэтической метафорой, она проявляла себя в неких вполне конкретных правилах, которым, с его точки зрения, подчиняется устройство этого мира.

О характере Коперника, о его человеческих чертах мы знаем мало. Как видно, ученый не готовился к посмертной славе: не оставил после себя ни дневников, ни большого числа писем. Сохранилось несколько его портретов, написанных, однако, уже после смерти Коперника. На одном из них, как полагают, наиболее достоверном, ученый изображен в красной куртке с небольшим, слегка приподнятым воротником. Большой прямой нос, крупный тяжелый подбородок. Эти черты могли бы принадлежать воину, крестьянину... Однако в контрасте с ними — небольшой женственный рот с пухлыми губами... Длинные черные волосы прикрывают высокий лоб, спадают сзади густой волной. Во всей осанке — в приподнятом подбородке, в проступивших мускулах шеи и щек, в неестественно скошенном взгляде, устремленном на зрителя, — ощущается напряженность позирования. Коперник здесь молод. Молод и силен.

Другой портрет. Гравюра на дереве. Говорят, это копия автопортрета. Та же куртка, та же напряженная, выжидательная поза. Однако возраст уже не тот. Черты лица несколько округлились и как бы помельчали. В них видна многоопытность и усталость. Пальцами, собранными в щепотку, Коперник держит ландыш — знак врачебного сословия (по заданию Вармийского капитула он изучал медицину в Падуе в Италии). Потом этот ландыш пойдет кочевать из портрета в портрет, вызывая недоумение у непосвященных: что за сентиментальность у человека со столь суровым лицом?

Впрочем, иногда Коперник держит не ландыш, а особый символ гелиоцентризма: металлическое кольцо с закрепленным в его центре изображением Солнца; на кольце, прямо над Солицем, приделано другое кольцо, поменьше, — эпицикл Земли, на нем еще одно, совсем маленькое, — сама Земля; и все это вместе присоединено к рукоятке. Так изображают самодержцев со скипетром в руке. Что ж, и то и другое — знак власти, но в одном случае — власти тупой, основанной на грубой силе, в другом — власти пытливого ума, медленно, но неуклонно завоевывающего все новые владения.

Почти всю свою жизнь, за вычетом детства, лет учебы в Кракове и в Италии, Коперник провел в Вармии, на северо-западе Польши, в основном в небольшом захолустном городке Фромборке, где он служил каноником. По временам обстоятельства складывались так, что ученому приходилось в ущерб науке заниматься и административной, и политической деятельностью. То было смутное время, когда между Польшей и Тевтонским орденом шли нескончаемые споры из-за прусских земель. Вармия то и дело подвергалась набегам крестоносцев. Копернику пришлось побывать и в роли администратора общих владений Вармийского капитула, и комендантом крепости Ольштына, когда ее осаждали тевтонцы, и королевским комиссаром Вармии, и главным администратором Вармийской епархии.

Вероятно, будь на то его желание, он мог бы сделать головокружительную карьеру. Однако такого желания у него, по-видимому, не было. Как только буря, отрывавшая его от любимых занятий, стихала, он снова возвращался к ним. Уточнял расчеты, вел наблюдения с помощью самодельных деревянных инструментов, сидя в одной из башен крепостной стены в Фромборке.

Что навело Коперника на мысль о ложности теории Птолемея? Многие считают, как это всегда бывает в подобных случаях, — несогласие между теорией и фактами. Однако никаких фактов, ставящих геоцентрическую систему под сомнение, у Коперника не было. Он сам пишет в «Малом комментарии», что эта система «соответствует числовым расчетам». Копернику просто не нравилась чрезмерная ее сложность и искусственность. Шутка ли, почти сорок различных круговых движений понадобилось ввести Птолемею, чтобы описать обращение планет. Больше того, среди них были совершенно фантастические круги — так называемые экванты, по которым двигались несуществующие планеты. Это был математический изыск, призванный спасти идею кругового совершенства Вселенной.

Такие изыски не устраивали Коперника, не представлялись ему «достаточно совершенными». Он был уверен, что гармония мира заслуживает более простого описания «при помощи меньшего числа сфер и более удобных сочетаний».

В поисках плодотворной идеи Коперник обращается к древним мыслителям, «принимает на себя труд» прочесть доступные ему «сочинения всех философов с целью

убедиться, допускал ли кто-либо из них иной род движения», чем Птолемей. Такое, как сказали бы мы теперь, изучение литературы принесло пользу. «И вот нашел я сперва у Цицерона,— пишет Коперник,— что Никетас допускал движение Земли; а из одного места у Плутарха усмотрел я, что и иные были того же мнения. Вот подлинные слова Плутарха: «Обыкновенно принято, что Земля находится в покое; но пифагореец Филолай допускает, что Земля, равно как и Солнце и Луна, движется вокруг огня по косому кругу. Гераклид Понтский, а равно и пифагореец Экфант также придают Земле движение, но не поступательное, а вращательное, вследствие которого она, подобно колесу, по направлению от заката к восходу вращается вокруг своего центра».

Побуждаемый этими идеями, и сам Коперник стал «придумывать» движение Земли, хотя мысль о таком движении и казалась ему неправдоподобной. Но ведь позволялось же его предшественникам выдвигать всякие произвольные гипотезы. Почему бы и ему не попытаться счастья?

Этим путем и пришел он к своей системе.

Трогательно видеть, с какой легкостью великий ученый добровольно отказывается от приоритета, который тем не менее молва позднее накрепко приписала ему,— приоритета в выдвижении идеи гелиоцентризма. С какой дотошностью — как бы кого не забыть! — перечисляет он своих предшественников, кто только упоминал когда об этой идее, пусть даже походя и невзначай.

Наше удивление еще более усиливается, когда мы узнаем, что Коперник вообще не предполагал печатать свое знаменитое сочинение «Об обращениях небесных сфер», уже вполне завершенное. Он намеревался опубликовать из него лишь таблицы, с помощью которых можно было бы вычислять положения планет на небе по правилам его, Коперника, теории. Рано или поздно, полагал ученый, сведущие люди поймут, в чем дело. А с него и этого будет довольно. «Дюжинный астроном,— говорил Коперник, воспользуется вычислениями, а тот, на кого милостиво взглянул Юпитер, сам найдет и выведет новые принципы по моим таблицам».

Копернику глубоко импонировало старое правило пифагорейцев — не оповещать об обсуждаемых ими идеях кого-либо за пределами их собственного узкого круга. Он

даже приводит в своей книге письмо Лисиды Гиппарху «ради достойных памяти выраженных в нем мнений» Лисид упрекает Гиппарха в том, что тот, нарушив заветы учителя Пифагора, «публично говорил о философии», и за вершает свое послание суровым предостережением: «...если ты исправишься, то будешь мне дорог, если же нет, то ты для меня умер».

Как полагает Коперник, пифагорейцев от разглашения их идей удерживала «боязнь презрения» со стороны несведущих в науках. И сам он находится в таком же положении. И ему угрожает презрение и хула невежд. До него дошли слова, сказанные о нем Лютером: «Этот дурак хочет перевернуть все искусство астрономии». Главная опасность заключалась, конечно, не в самом мнении Лютера, а в том, что тот ссылался на Священное писание, которому учение Коперника явно противоречило. Поэтому лучше не разглашать широко дорогие для него идеи.

Кстати говоря, Коперник подозревает, что и пифагорейцам о движении Земли было известно гораздо больше, нежели дошло до потомков. Эта невозвратимая потеря как раз явилась следствием того правила умолчания, которого большинство из них строго придерживались. И если та же участь не постигла учение Коперника — за то мы должны быть в большой степени благодарны двум людям, совершенно иначе, чем Коперник, смотревшим на дело, — его старому преданному другу епископу Тидеману Гизе и молодому профессору математики, восторженному ученику Коперника Георгу Иоахиму Ретику, в конце концов настоявшим на опубликовании «еретической» книги.

Так или иначе, сам Коперник до конца дней своих оставался скромным каноником, равнодушным к славе, но глубоко преданным истине.

Как многих до него и после него, истина привлекала Коперника не только сама по себе. Она обладала для него еще неким эстетическим очарованием. Во всяком случае, астрономическая истина. Недаром же он «с величайшим жаром» посвятил себя этой науке, «которая исследует круг предметов, наиболее прекрасных и наиболее достойных познания».

В первой же главе первой книги знаменитого своего труда «Об обращениях небесных сфер» Коперник высказывает мнение о том, что Вселенная шарообразна. Почему он так считает? Прежде всего потому, что «шар — самое со-

вершенное по форме и не нуждающееся ни в каких скрепах безупречное целое». Все, пишет Коперник, «добивается за вершения» в форме шара. Иными словами, шар — это вершина всякого развития, а значит, опять-таки и вершина совершенства. Но если все на свете в конце концов обретает эту форму, то уж небесные тела и вся Вселенная в целом и подавно должны ею обладать.

Правда, Коперник выбирает шар еще и потому, что «из всех фигур это самая вместительная, наиболее подходящая для включения и сохранения всего мироздания». Он выбирает его и потому, что такой формой обладают составные части Вселенной — Солнце, Луна, звезды — это уже можно непосредственно видеть, не прибегая ни к каким рассуждениям. Однако эстетический аргумент о совершенстве, о геометрической безупречности шара стоит у Коперника на первом месте. Ему, как видно, он придает решающее значение.

А какова форма орбит, по которым обращаются небесные тела? Это понятие уже вполне осязаемое, не то что форма Вселенной. Как движутся планеты — равномерно или нет? С Земли это движение кажется довольно беспорядочным и неравномерным: «..Солнце и Луна движутся то быстрее, то медленнее. А остальные пять планет мы по временам видим даже идущими попятно и с остановками при перемене направления». Больше того, если Солнце по крайней мере всегда следует «по своему прямому пути», планеты буквально «странствуют» по небу, «уклоняясь то на юг, то на север, почему и названы блуждающими, то есть «планетами».

К вопросу о движении планет Коперник опять-таки подходит с заранее заготовленной эстетической меркой. Движение небесных тел есть движение круговое, полагает он. Почему? Да потому, что сами планеты представляют из себя сферы. Каждая планета, вращаясь по кругу, будет тем самым как бы повторять свою собственную форму, «воплощенную в простейшем теле». Да, сфера — простейшая и совершеннейшая форма, ибо в ней «нельзя найти ни начала, ни конца, ни отдалить их одно от другого». Посмотрите, какая прекрасная картина, говорит нам ученый: сферическая планета, обращаясь по кругу, как бы проходит через ряд тождественных положений, пока не возвратится к своему исходному положению.

Правда, далее у Коперника снова находятся и логические доводы. Какими бы беспорядочными и неравномер-

ными ни казались нам движения планет, в самой этой беспорядочности обнаруживается строгий порядок и определенная периодичность. А это, полагает Коперник, было бы невозможно, если бы их движения не были круговыми

Снова мы видим: здесь, как и прежде, эстетические аргументы предшествуют всем другим.

Итак, каждая планета, по убеждению Коперника, движется по круговому пути. А как обстоит дело с характером этого движения: равномерно ли оно? Коперник считает — равномерно. Ибо «невозможно себе представить, чтобы первичное небесное тело двигалось неравномерно по одной орбите». В обоснование этой точки зрения ученый приводит, так сказать, доказательство от противного: планета могла бы двигаться неравномерно либо вследствие непостоянства движущей ее силы, либо вследствие собственного несовершенства. Но, вполне естественно, по мнению Коперника, «и то и другое противно разуму и недостойно предполагать что-либо подобное в том, что устроено в высшей степени совершенно...»

Небо кажется человеку прекрасным. Эта красота тысячекратно прославлена поэтами. С детства человек видит и слышит, как все вокруг восхищаются небом. Но во времена Коперника для такого восхищения были еще особые причины. Ведь казалось само собой разумеющимся, что красота мироздания не случайна — она результат осмысленного, целенаправленного творчества. Создал этот шедевр, этот образец совершенства «лучший и любящий порядок Зодчий» Каким же и быть творению всемогущего, как не совершенным и гармоничным, представляющим собой эталон красоты?

Однако эта эстетика мироздания возникла еще раньше. В главе первой из уст пифагорейца Тимея (точнее, из уст Платона) мы слышали, как представлял себе прекрасное добрый бог древних философов, какой вид он придал космосу.

Сравните, пожалуйста, читатель, слова Платона о сферических очертаниях Вселенной, «наиболее совершенных и подобных самим себе», со словами Коперника о том, что каждая планета, имеющая форму сферы, при вращении по кругу как бы повторяет свою собственную форму — в этом-де и состоит смысл такого движения. Не ясно ли, что и Платон, и Коперник исповедуют одну и ту же эстетику — «эстетику сферы»?

Кстати, Коперник очень часто напрямую упоминает имя Платона, ссылается на него, цитирует, проявляя тем самым большое уважение к древнему философу.

Не будем, конечно, забывать: Коперник и Платон — это небо и земля. Представления Платона о Вселенной — почти целиком умозрительные. Более того, они фантастические: космос в глазах древнего мыслителя не только геометрически совершенное творение, он — живое существо, наделенное разумом и душой. Такого одушевления опять-таки требует эстетика: ни одно творение, лишенное ума, полагает Платон, не может быть прекраснее такого, которое наделено умом, а ум не может обитать ни в чем, кроме души.

Но эта эстетика уже глубоко чужда Копернику. Да чужд и сам «чересчур» умозрительный способ исследования природы. На титульном листе его книги стоит суровое предостережение: «Да не входит никто, не знающий математики». Наблюдения и расчет — вот главные методы его работы. Отныне они прочно и навсегда войдут в науку, все более тесня голословные рассуждения, не подкрепленные опытом и логикой.

Однако и умозрительным эстетическим представлениям, хотя и более скромным, чем платоновы, у Коперника, мы видели, тоже еще находится место.

Следующий вопрос, который интересует Коперника, — движется ли Земля? Как известно, большинство древних мыслителей полагали: она неподвижна и находится в центре мира. Воистину смехотворными находит Коперник обоснования этой точки зрения. Например, Птолемей утверждает, что, если бы Земля совершала хотя бы суточное вращение, она уже давно, под действием огромной скорости вращения, распалась бы на куски, которые, разлетаясь, пробили бы самое небо. При этом, конечно, и люди, и любые другие живые существа были бы сброшены с Земли.

Кроме того, если бы Земля вращалась, любой предмет, брошенный с какой-либо высоты, падал бы не вертикально вниз, а непременно был бы отнесен далеко в сторону.

Так что, по мнению Птолемея, все свидетельствует о том, что не Земля вращается вокруг своей оси и движется по

некоторой орбите, а вся Вселенная вращается вокруг Земли.

По поводу первого аргумента Птолемея Коперник, обычно с неизменной почтительностью отзывающийся о своем великом предшественнике, на этот раз иронически замечает, что древний мыслитель напрасно опасается разрушения Земли и рассеяния всего, что на ней находится, при вращении. Где же тут логика? Ведь Вселенная — это нечто грандиозное по сравнению с Землей, и опасность разрушения, если она в самом деле существует, для целого мироздания настолько больше, насколько оно больше Земли. Но в действительности вращающимся небесным телам опасность разрушения не грозит.

Что же касается падающих или, наоборот, поднимающихся предметов, Коперник и тут вполне убедительно возражает Птолемею. Эти предметы не будут отставать от движущейся Земли, поскольку вместе с ней, по-видимому, движется и «немалая часть воздуха»; она-то и увлекает за собой все, что не связано непосредственно с земной поверхностью.

Мы бы добавили только: и сами брошенные тела по инерции сохраняют движение, которым они обладали, вращаясь вместе с Землей. Это понятие — инерция — во времена Коперника не было известно.

Среди доводов древних мыслителей, утверждавших, что Земля неподвижна, есть и эстетические. Например, Аристотель, как позже и Коперник, был убежден, что «единому и простому телу присуще и простое движение». «Простых» же движений, по мнению Аристотеля, в природе насчитываются два — прямое и круговое. Причем всякое прямое движение направлено либо к «середине» — вниз, либо от «середины» — вверх. Круговое же движение происходит вокруг «середины».

Совершенно естественно считать, говорил Аристотель, что все тяжелое — земля и вода — падает по прямой вниз, а все легкое — воздух, огонь — напротив, поднимается вверх. Раз тяжелое падает к центру, можно предполагать, что оно там и покоится. Значит, тем более вся Земля в целом должна покоиться в центре.

На долю же небесных тел не остается ничего более, как только круговое движение вокруг Земли.

Коперник не согласен с таким рассуждением. Конечно, «простому» телу в самом деле присуще «простое» движение, соглашается он. Это не подлежит сомнению. Но можно

ли назвать простым движение по прямой? Ведь в процессе его движущееся тело уходит от своего «естественного» места «А ничто так не противоречит порядку и форме мироздания, — утверждает Коперник, — как быть вне своего места»

Вывод, который он делает: «В прямолинейное движение не приходит ничто, кроме предметов, находящихся в надлежащем положении и несовершенных по природе..» Прямолинейное движение во Вселенной — это своего рода болезнь. Здоровье же ее олицетворяется только движением по кругу, единственно достойным «простых» небесных тел, в том числе и Земли.

«К тому же, — добавляет Коперник, — состояние покоя считается достойнее и божественнее изменчивости и непостоянства, так что последнее больше подходит Земле, чем миру»

Итак, с одной стороны, грешная Земля ни в малейшей мере не заслуживает покоя. С другой стороны, стремление различных тяжелых предметов к Земле как к центру еще ни о чем не говорит. Ведь это всего лишь «несовершенные» предметы, и им не стоит придавать особого значения.

Так что же тогда находится в центре мира? Вот наконец главный вопрос. Все говорит о том, что Солнце. Если предположить это, тогда видимые с Земли восходы и заходы самого светила, а также знаков зодиака и «неподвижных» звезд такими же и будут нам представляться, но зато станет очевидным, что странные блуждания и остановки планет — всего лишь иллюзия, порождаемая движением Земли. На самом деле никаких зигзагов, никакой неравномерности в мироздании нет. В нем царят строгий порядок и гармония.

В целом же шарообразная Вселенная состоит из семи как бы вложенных друг в друга сфер — сферы «неподвижных» звезд, заключающей в себе все прочие, и следующих далее друг за другом сфер Сатурна, Юпитера, Марса, Земли, Венеры и Меркурия. «В середине всех этих орбит, пишет Коперник, находится Солнце, ибо может ли прекрасный этот светоч быть помещен в столь великолепной храмине в другом, лучшем месте, откуда он мог бы все освещать собой? Поэтому не напрасно называли Солнце душой Вселенной, а иные — Управителем мира; Тригемист называет его «видимым Богом», а Электра Софокла

«всевидящим». И таким образом Солнце, как бы восседая на царском престоле, управляет вращающимся около него семейством светил. Земля пользуется услугами Луны, и, как выражается Аристотель в трактате своем «De Animalibus», Земля имеет наибольшее сродство с Луной. А в то же время Земля оплодотворяется Солнцем и носит в себе плод в течение целого года».

«Этот порядок,— заключает Коперник свое описание прекрасной картины мира,— обуславливает собой удивительную симметрию мироздания и такое гармоническое соотношение между движением и величинами орбит, какого мы другим образом найти не можем».

Встреченная Коперником у древних аттестация Солнца как «управителя мира», по-видимому, больше, чем что-либо другое, обратила на себя его внимание. Об этом говорит и Ретик в своем «Первом повествовании» — популярном изложении идей Коперника, несколько опередившем его собственную книгу. Если Солнце — «управитель», с какой стати оно путешествует по небу, словно ничем не примечательный, рядовой член планетного общества? Может быть, его влекут дела? Тогда почему это движение совершается столь равномерно и безмятежно, без единой остановки? А вообще-то вряд ли пристало «управителю» быть в постоянном движении, ведь и «в человеческих делах нет надобности, чтобы сам император ездил в отдельные города» для исполнения своих обязанностей. Можно прибегнуть и еще к одной аналогии — медицинской: известно, что для поддержания жизни вовсе не нужно, чтобы сердце переселялось то в голову, то в ноги, то в другие части тела. Нет, «управителю» подобает некое особое положение.

Не будет ошибкой предположить, что эти рассуждения Ретика были навеяны его беседами с учителем, если не сказать больше — что они являют собой прямой пересказ слов Коперника. Так или иначе, в собственном своем труде Коперник нашел для Солнца подходящее положение...

Что еще стоит за аналогией между Солнцем и монархом, властелином, управителем? Сводится ли оно только к центральному положению светила среди планет? Или, быть может, в сознании Коперника мерцала смутная догадка о том, что Солнце в самом деле как-то управляет движением своих сателлитов,— та самая догадка, которая

позже, уже в более ясном виде, осенила Кеплера и наконец превратилась в строгую идею всеобщего тяготения в мозгу Ньютона?

Увы, для такого предположения нет других оснований, кроме самого слова «управитель», используемого Коперником. Соответствующее место у Ретика можно истолковать скорее как опровержение, чем как подтверждение этого предположения, так что, если и была у Коперника подобная догадка, он скрыл ее даже от преданного ученика, поступив на этот раз вполне в согласии с заветами пифагорейцев.

Однако биографы ученого и историки науки единодушно отрицают возможность появления у Коперника такой идеи. В его время еще не задумывались всерьез над причинами планетных движений.

Коперник прожил в общем-то довольно спокойную жизнь, которая, по-видимому, вполне устраивала его. Несчастьем для ученого можно было бы почитать, что, по собственным его словам, он провел свои дни «в удаленнейшем уголке земли», очень редко имея возможность встречаться с коллегами, лишь переписываясь время от времени с некоторыми из них. Однако, как и Ньютон, он любил одиночество.

К тому же это не было, по-видимому, тягостное одиночество среди абсолютных невежд. Каноники Вармийского капитула были все люди образованные — епархия особо заботилась об этом. Не случайно и слава о Копернике как астрономе, и слух о придуманной им новой системе мира разошлись по свету задолго до того, как он опубликовал свою книгу «Об обращениях».

Но однажды Копернику довелось пережить радость подлинного понимания, признания и восторженного поклонения. Эту радость доставил ему Ретик, юный профессор математики из Нюрнберга, специально, без всякого предупреждения примчавшийся в глухой отдаленный Фромборк к одинокому шестидесятилетнему старику, чтобы познакомиться с его работой. Коперник встретил его потечески приветливо и помог в изучении своего сложного труда. Он даже совершил с ним поездку в Лебау, к ближайшему своему другу Тидеману Гизе. По-видимому, эти несколько недель, проведенные с двумя преданными и понимающими его людьми, были для Коперника самыми

счастливыми из всех не очень-то радостных последних лет его жизни.

Примерно через полгода (срок, которому могут только позавидовать большинство современных авторов) Ретик выпустил свое «Первое повествование», полное восторгов по поводу теории Коперника. С восхищением писал он и о самом «наставнике», сравнивая его с Региомонтаном и даже Птолемеем.

Ретик составил также биографию Коперника со слов его самого — бесценное свидетельство для потомков. Но, увы, она безвозвратно утрачена...

«Первое повествование» интересно сравнивать с собственной книгой Коперника. Рассказывающие об одном и том же, они, однако, отличаются формой этого рассказа и расстановкой акцентов. Читая их параллельно, отраднo чувствовать естественную вековую разницу между пылкой молодостью и осмотрительной зрелостью. Отраднo догадываться, что многое, о чем умолчал Коперник, но что «всплыло» у Ретика, было предметом их бесед и, может быть, отчасти выражает взгляды самого великого астронома.

Между прочим, среди причин, побудивших Коперника пересмотреть птолемеевскую систему, Ретик приводит такую. Птолемей-де и другие творцы астрономии недостаточно заботились о том, чтобы порядок и движение небесных сфер были приведены к совершенной систематичности. По словам Ретика, «следовало бы пожелать, чтобы в построении гармонии движений они подражали музыкантам, которые, увеличивая или уменьшая натяжение одной струны, с величайшей заботой и тщательностью составляют и настраивают звучание всех остальных до тех пор, пока все они вместе не представят желаемого консонанса и ни в какой из них не будет замечено ничего диссонирующего».

Это поразительно. Здесь почти слово в слово пересказывается точка зрения пифагорейцев, с восторгом подхваченная позже Кеплером. Неужели и Коперник считал, что законы движения планет сродни законам музыкальной гармонии? Похоже, что это действительно так, хотя сам он в печатных своих трудах нигде ни словом об этом не обмолвился.

Больше того, у Ретика мы находим и другую излюбленную идею пифагорейцев — о том, что в основе мироздания лежат некоторые особенные, «избранные» числа. Главное

среди них число шесть Недаром же существует шесть планет — ни больше ни меньше (столько было известно в те времена) «И кто же смог бы выбрать другое число более удобное и достойное, чем шестерка? — восклицает Ретик. — И можно ли было легче убедить смертных, что именно на это число сфер бог, мастер и создатель мира, разделил Вселенную? Ведь это число больше всего прославляется и у святых оракулов бога, и у пифагорейцев, и у остальных философов. Да и что может быть более подходящим для божественного творения, как не заключить это первое и совершеннейшее создание в это первое и совершеннейшее число?»

«К этому нужно прибавить, — читаем мы далее у Ретика, что при помощи шести вышеупомянутых подвижных сфер завершается небесная гармония, где все сферы следуют одна за другой по такому закону, что между каждыми двумя сферами не остается громадного промежутка и каждая определенная геометрически сфера сохраняет свое место так, что если ты попробуешь какую-нибудь из них сдвинуть с места, то разрушишь и всю систему»

Удивительные слова И снова очень похоже на то, что они выражают мысли не Ретика, но самого Коперника И снова нигде у него мы не находим подтверждения этой догадке

Отчего же Коперник сам не писал об этом? Тут мы можем только выдвигать предположения. Скорее всего, он не внес эти рассуждения ни в «Малый комментарий», ни в основную свою книгу потому, что они в общем-то не несут, так сказать, никакой функциональной нагрузки. А помещать в свое произведение нечто лишнее, не обязательное, он, горячий приверженец классических литературных традиций, естественно, не желал.

Действительно, в отличие от Кеплера Коперник не отыскивал самых общих, самых глубинных принципов устройства мира Он ставил перед собой совсем иную, более ограниченную цель — «исправить» систему Птолемея А потому если он и мог воздать хвалу пифагорейской шестерке, то просто так, между прочим. Непосредственно «для дела» она была ему не нужна

Что же касается идеи о музыкальной гармонии, управляющей будто бы движением планет, высказанная в общем виде она может просто оказаться поэтической метафорой Важно, в чем конкретно астроном видит проявление этой гармонии Ретик пишет о том, что «звучание» планет надо

«настраивать» по Солнцу. В этом-де и заключается музыкальная гармония Вселенной. Но в таком случае это лишь разновидность основной идеи Коперника об особой роли нашего светила в мироздании, об особом его месте.

Да и то, по словам Ретика, окончательное заключение о справедливости такого утверждения надо делать не на основании «обычных представлений», то есть аналогий с музыкальной гармонией, а на основании «законов математики (в суде которой и рассматривается дело)».

В этих последних словах, по-видимому, и заключается вся суть. Строгий математический расчет Ретик (вслед за самим Коперником) в данном случае ставит выше умозрительных эстетических рассуждений. Этим рассуждениям он отводит второстепенную, вспомогательную роль.

Но чем Коперник действительно дорожит — это представлением о геометрическом и кинематическом совершенстве мира. Магия круга, магия равномерного движения всецело владеют им. Он как бы и не догадывается, что это ведь тоже ни на чем не основанная умозрительная гипотеза.

Мы уже видели, что основная причина, заставившая Коперника усомниться в справедливости птолемеевой системы мира, — чрезмерная сложность и искусственность этой системы. В частности, ему очень не нравились придуманные Птолемеем «некоторые круги, называемые эквантами». Введение этих кругов привело к тому, что всякая планета двигалась «не по несущей ее орбите и не вокруг собственного ее центра». Подобные рассуждения не представлялись Копернику «достаточно совершенными» и «не вполне удовлетворяли» его разум.

Ученый задумался, нельзя ли найти «какое-нибудь более рациональное сочетание кругов», нельзя ли объяснить все видимые движения планет «при помощи меньшего числа сфер» и «более удобных их соотношений». Иными словами, главной его целью, по крайней мере на первых порах, было построить более простую, более совершенную модель Вселенной.

О, эта жажда простоты знаменательна. Это тоже эстетический подход к научной теории, но более утонченный, нежели стремление видеть в природе непременно простой геометрический порядок. С давних пор вплоть до наших

дней ученые интуитивно предпочитают такой подход любому другому. Им хочется простоты, они уверены, что, гонясь за нею, они одновременно приближаются и к истине, хотя не перестают удивляться не только тому, что природа поддается простому описанию, но что она поддается математическому описанию вообще.

На пути к простоте Коперник в известном смысле пережил драму. Случилось так, что более грубый эстетический принцип предполагаемой Коперником круговой гармонии мира стал поперек дороги более тонкому эстетическому принципу простоты описания, к которой он стремился. В системе Коперника планеты, как известно, не просто обращаются вокруг Солнца как центра. Они прежде всего кружатся около неких геометрических точек, каждая около своей, а уж эти точки-центры совершают обороты вокруг центра мира, расположенного неподалеку от Солнца. Иными словами, Копернику не удалось избавиться от эпициклов. Сохранились и некоторые другие сложности старой системы. Зато у Коперника не было эквантов...

В целом теория получилась лишь незначительно точнее и проще, чем теория Птолемея. «Меркурий движется при помощи всего семи кругов,— пишет Коперник в «Малом комментарии»,— Венера — при помощи пяти, Земля — при помощи трех, Луна — вокруг них — при помощи четырех, наконец, Марс, Юпитер и Сатурн — при помощи пяти кругов каждый. Таким образом, для Вселенной будет достаточно 34 кругов, при помощи которых можно объяснить весь механизм мира...»

«Всего» тридцать четыре круга... Не так уж мало, не правда ли? Стремясь во что бы то ни стало спасти эстетику сферы, ученый был вынужден поступиться простотой общей картины мира. Впрочем, он не догадывался, что стоит перед выбором, что возможно и другое решение — пожертвовать кругом как раз во имя той общей простоты, к которой он всем сердцем стремился, из-за чего и принял весь свой огромный труд. Сфера, круг были для него заповедными, неприкосновенными фигурами.

Но говорят: гипотеза — не простое предположение, это предположение, которое должно поддаваться проверке, а значит и опровержению в том случае, если оно неверно. Что ж гипотеза о круговых орбитах планет, о равномерном их вращении вполне проверяема. И мы знаем сегодня,

что она ошибочна. Почему же тогда сам Коперник не опроверг ее?

Дело в том, что наблюдения, которыми он пользовался, были весьма неточны. Когда Кеплер стал сравнивать положения планет, соответствующие теории Коперника, с результатами превосходных наблюдений Тихо Браге, обнаружилась большая разница. Порой она достигала восьми угловых минут — величина фантастическая по современным представлениям. Да и по сравнению с измерениями Тихо Браге, в которых ошибка, как правило, не превышала одной минуты, данные Коперника были слишком грубы. Кеплеру стало ясно, что представления о круговых орбитах планет не удастся совместить с результатами точных наблюдений.

Но дело не только в неточности коперниковских наблюдений. Пожалуй, еще важнее его отношение к собственной гипотезе. Пристрастное отношение. Вообще-то без гипотез не обходится ни один ученый. Казусом выглядит знаменитое заклинание Ньютона: «Гипотез не измышляю». На самом деле великий английский физик так же измышлял их, как и его предшественники. Однако, будучи вынужденным строить теорию на основе каких-то предположений, иные из исследователей стараются все-таки относиться к этим предположениям критически, осторожно. Известно, на пример, каким настороженным был подход Макса Планка к собственной гениальной идее квантов: в качестве рабочей гипотезы, позволяющей свести концы с концами в формальных построениях, он признавал их, — пожалуйста, но в реальность квантов долго отказывался верить.

Коперник, напротив, был непоколебимо убежден, что гипотеза о планетных кругах абсолютно справедлива. Собственно, гипотезу эту он перенял у древних греков вместе с общими философскими представлениями о гармонии, царящей в мире. И кто знает, окажись у него под рукой более точные наблюдения, захотел ли бы он отказаться от этой гармонии. Скорее всего он и в этом случае не оставил бы попыток спасти идею круговых равномерных движений, примирить ее с наблюдениями и потерпел бы крах, сделался бы неудачником...

Но не стоит гадать о том, что было бы. Точными наблюдениями Коперник не располагал. А те, что у него были, к счастью Коперника, правда, не без труда, удалось совместить с идеей круговой гармонии Вселенной. Ситуация довольно типичная для истории науки. Макс Борн тонко

заметил: в науке часто случается, что неточность наблюдений приводит к открытию важного факта. «Если бы Галилей имел возможность выполнять наблюдения так же точно, как в последующие столетия,— писал Борн,— запутанная смесь различных явлений сделала бы открытие законов гораздо более сложным». Далее он добавлял, что, быть может, и Кеплер никогда бы не объяснил движения планет, если бы их орбиты были известны ему столь же точно, как и в наши дни.

Что ж, будем считать, что Кеплеру, как ранее и Копернику, также «повезло в неточности», хотя он обладал гораздо более скрупулезными и дотошными расчетами.

Мы уже готовы предать анафеме умозрительные, не опирающиеся на строгие факты представления о гармонии мира. Повременим, однако, делать это. Подумаем вот о чем. Ученый день за днем, год за годом, неизвестно по сколько часов в сутки, но во всяком случае, не ограничиваясь восьмичасовым рабочим днем, отдается своей каторжной работе. Какой источник энергии движет им в этом деле? Вы скажете: жажда познания истины. Правильно, но слишком общо. Как проявляется эта жажда? Не вполне так же, как жажда глотка воды. Хотя «глоток истины» действует целительно и благотворно на всякого исследователя. Чем крупнее ученый, чем более общими вопросами он занимается, тем сильнее испытывает он благоговение, улавливая интуицией величественные черты грандиозной и загадочной картины мира. Жажда приобщиться к этому миру — это на общедоступном языке и есть жажда познания.

Конечно, интуитивные представления о мире, о царящих в нем законах, о степени познаваемости его у различных ученых различны. Однако какими бы ни были они, если разрушить их грубыми прикосновениями — логикой ли, фактом, просто словом, — можно погубить и ученого. Кто знает, сколько таких убийств совершено в истории, сколько еще совершится. Простая, плоская «жажда познания» вроде той, что свойственна прилежному школьнику, вряд ли приведет исследователя к крупным открытиям, разве что к крохотным достижениям, которые можно будет вставить в переплет заурядной кандидатской или докторской диссертации.

Вспомним, почему Коперник вообще занялся астрономией, а не чем-либо другим. Вспомним его восторжен-

ные слова: «Из числа многочисленных и разнообразных искусств и наук, пробуждающих интерес и являющихся живительной силой для человеческого разума, по моему мнению, с величайшим жаром следует себя посвятить тем, которые исследуют круг предметов, наиболее прекрасных и наиболее достойных познания... А что есть прекраснее, чем небо, охватывающее все, что прекрасно?»

Теперь представим, что какой-нибудь умник сумел бы доказать Копернику, что небо вовсе не прекрасно (в том смысле, как это понимал великий ученый), что нет там ни кругов, ни равномерного движения — во всяком случае, не стоит предполагать их существование заранее. Обратился бы Коперник к астрономии во имя одной только ученической «жажды познания»? Или, быть может, он сделался бы скорее священником, как того желал его дядя-опекун, либо же выбился в военачальники, на высокие гражданские посты, что при недюжинных его способностях было нетрудно?

А так на протяжении жизни бывал он и на высоких постах, был заметной фигурой в Вармийской католической епархии, но неизменно от хозяйственных дел, от военных бдений возвращался к своей излюбленной астрономии, ее почитал основным занятием своей жизни. И создал гениальный свой труд, перевернувший всю астрономию, всю науку, все человеческое мировоззрение.



Говорят, абсолютная истина недостижима. Пожалуй, это не совсем так. Вот мы слушаем сонату Бетховена. Ощущение: вот она, абсолютная истина! Она не подвластна науке, но подвластна искусству.

Роль ученого неблагоприятна. Какой бы шаг, малый ли, великий, он ни сделал на пути познания, дальше неминуемо последуют новые шаги, сделанные другими учеными, и уж прежние непременно будут казаться чем-то устаревшим, архаичным. Мы с наслаждением слушаем старинную музыку, любуемся полотнами старых мастеров, но кто, кроме специалистов-историков, станет вчитываться в архивные научные манускрипты двухсот-трехсотлетней давности? А ведь многие из них принадлежат перу тех, чьи имена некогда гремели не меньше, чем имена великих художников и композиторов.

Это трагический парадокс науки. Она единственная, кто даст достоверное знание о мире. При желании им может воспользоваться каждый. Знание, даваемое искусством, в конце концов субъективно, эфемерно, непередаваемо словами. Чтобы постичь его в полной мере, требуется особый талант восприятия, коим немногие обладают. Но при всем при том произведения художника в сохранности переживают века, а от произведений ученых мало что

остается — в лучшем случае кратко формулируемый закон, еще более краткая формула... Да и то с оговорками и позднейшими уточнениями.

Не оттого ли многие ученые тяготеют к искусству, литературе, поэзии? Ими словно движет подспудное, не всегда осознаваемое желание соединить достоверное знание науки и стойкость перед временем, свойственную произведениям искусства. И тем самым — неведомо, правда, каким образом, — продлить жизнь своим научным трудам.

Известно, например, что великий астроном Иоганн Кеплер был поэтом. Он сочинял стихи и даже публиковал их.

Кеплер был поэтом. Он сочинял стихи и даже публиковал их. Первое его стихотворение — «Элегия на бракосочетание Иоганна Гульденрица» — появилось в печати, когда ему не исполнилось и девятнадцати. О его поэмах люди, понимавшие толк в латыни, отзывались с большой похвалой

Но он был поэтом не только в поэзии, но и в астрономии. Всем своим существом он ощущал необыкновенную гармонию, царящую в мироздании, и всю свою жизнь щедро потратил на то, чтобы раскрыть законы этой гармонии.

Вряд ли кто еще из ученых ставил перед собой столь грандиозную задачу. То есть ее ставили в свое время и пифагорейцы, и Платон. Однако наблюдения, которыми они располагали, были чересчур скудны. Им оставалось лишь прибегать к домыслам, фантазировать напропалую. Кеплер впервые попытался отыскать строгое решение, опираясь на те данные, которые к этому времени были уже накоплены.

Ученый как бы поставил себя на место «творца» и стал рассуждать логически. Какой принцип должен был избрать «совершеннейший из строителей», чтобы получилось «творение, обладающее безупречной красотой», та Вселенная, что расстилается перед нашим взором? Поскольку небесные тела «сотворены» «в известном числе», число и есть, по-видимому, тот великий принцип, который положен в основу всего. Самый трудный вопрос, однако, как именно этот принцип применен.

С необыкновенным терпением, вдохновляемый озарившей его идеей, Кеплер начинает одну за другой перебирать все мыслимые возможности. Самое простое предположе-

ние: может быть, ключ ко всему — обычный ряд натуральных чисел: один, два, три, четыре, пять... Допустим, у одних планет радиус орбиты в два, три, четыре раза больше, чем у других.

Увы, реальные орбиты не подчинялись этой арифметике. Тогда Кеплер выписал соотношения размеров орбит, каковы они на самом деле, и попробовал найти, нет ли какой-либо, пусть более сложной, закономерности в том, как они изменяются от одной пары планет к другой. Все напрасно. «Я затратил много времени на эту задачу, на эту игру с числами,— рассказывал Кеплер,— но не смог найти никакого порядка ни в численных соотношениях, ни в отклонениях от них».

Тогда Кеплер решился, по его словам, на «удивительно смелый» шаг. Он предположил, что между Меркурием и Венерой, а также между Марсом и Юпитером есть еще две планеты, которых мы не видим, поскольку они слишком малы. Но и это не помогло.

У другого терпение бы лопнуло от этих бесплодных вычислений. Но Кеплер еще только начинал свой многолетний поиск. Он твердо верил, что решение существует. А раз так, изнурительный труд гаданий и расчетов — просто справедливая дань, взимаемая с того, кто решил завладеть драгоценным кладом.

С каждым шагом, однако, приходилось прибегать к все более сложным и искусственным уловкам, что, конечно, не могло не мучить Кеплера, не оскорблять в нем эстетическое чувство. Впрочем, решение, как оно мелькнуло перед ним при вспышке неожиданного озарения, в конце концов оказалось все-таки необычайно простым. Правда, не арифметической, а геометрической простотой.

9 июля 1595 года — даты великих открытий запоминают так же свято, как дату собственного рождения,— он объяснял ученикам движение Юпитера и Сатурна. Для этого ему потребовалось нарисовать в круге множество равносторонних треугольников с вершинами, лежащими на окружности, и повернутых один относительно другого. Внезапно перед его глазами возникла некая окружность меньшего размера, в которую сами собой слились точки пересечения сторон треугольников. Стоп! На рисунке две окружности: вписанная в каждый из треугольников и описанная вокруг каждого из них. Из геометрии известно, что радиус первой равен половине радиуса второй. Но ведь примерно таково же отношение радиусов орбит Юпитера и Сатурна.

Вот он ключ к разгадке тайного замысла творца! Орбиты этих двух планет подобраны так, что одна из них описана вокруг некоего треугольника, а другая вписана в него. А дальше? А дальше, по-видимому, логика была такая. Сатурн и Юпитер — «первые» планеты, а треугольник — «первая» из геометрических фигур. Для второй пары планет — Юпитера и Марса — орбиты построены с помощью «второй» фигуры — квадрата. Дальше использованы пятиугольник, шестиугольник, семиугольник. Полная симметрия!

Неужели и эта красивая идея окажется ложной? Да, как ни жаль, но похоже на то: размеры реальных орбит, взятые у Коперника, опять не сочетаются с вычисленными. Впрочем, так ли уж эта идея и красива? Кос-чего ей недостает: она никак не объясняет, почему планет именно шесть (столько было тогда известно), а не двадцать или не сто. Между тем Кеплер уверен, что число шесть не случайно. Оно также подчиняется какой-то тайной логике.

«И тут,— говорит Кеплер,— я устремился вперед с новыми силами. Какое отношение имеют плоские фигуры к пространственным орбитам? Тут скорес следовало бы обращаться к пространственным телам...» Естественно, как только он это подумал, его взор сразу же обратился от многоугольников к многогранникам. Первых можно построить сколько угодно, но правильных многогранников существует только пять. Это доказал еще Эвклид. Только пять многогранников и только шесть планет... Пять и шесть... Пять и шесть... Эврика! Ведь промежутков между планетами — тоже пять. «Это поразительно! — восклицает Кеплер.— Хотя я еще и не имел ясной идеи о порядке, в котором следует расположить правильные тела, я, несмотря на это, так преуспел... в их расположении, что когда я позже это проверил, ничего изменять не понадобилось. Теперь я больше не сожалел о потерянном времени, больше не уставал от своей работы, не боялся вычислений, хотя и трудных. День и ночь я проводил за расчетами, которые или подтверждают совпадение моих предположений с коперниковыми орбитами, или же моя радость будет развеяна по ветру... Через несколько дней все стало на свои места. Я видел одно симметричное тело за другим так точно подогнанными между соответствующими орбитами, что если бы какой-то крестьянин спросил, на каком крюке подвешены небеса так, что они не падают, было бы легко ему ответить».

Как же расположил Кеплер «правильные тела»? Внутри сферы Сатурна, самой далекой от Солнца планеты, он вписал куб. Куб, в свою очередь, охватывал сферу Юпитера. Далее следовали вложенные друг в друга четырехгранник, сфера Марса, двенадцатигранник, сфера Земли, двадцатигранник, сфера Венеры, восьмигранник, сфера Меркурия.

Пылкий Кеплер нарадоваться не мог на свое открытие. Вероятно, ни один ученый позже не испытывал такой радости и никому не суждено испытать ее в будущем. Все сошлось! «Принцип числа» оказался верен. И то, что дело решили именно правильные многогранники и сферы, знаменательно. «Ни в линии, ни в поверхности нет никакого числа — они представляют бесконечность,— писал Кеплер бывшему своему учителю Мёстлину,— поэтому остаются только тела; но неправильные тела нужно отбросить как не свойственные благоустроенному созданию. Таким образом остаются только шесть тел: шар... и пять правильных многогранников».

Мало-помалу придя в себя от радости, ученый принимается додумывать детали своей системы, доводить ее до совершенства. Почему «правильные тела» следуют именно в таком порядке, а не в каком-нибудь другом? Кеплер и тут хочет найти какой-то принцип, какую-то закономерность. Он разделяет все многогранники на два класса. К одному относится куб, четырехгранник и двенадцатигранник. Это «первичные» тела. К другому классу, к «вторичным», принадлежат восьмигранник и двадцатигранник. С «первичными» фигурами имеют дело «верхние» планеты — Сатурн, Юпитер, Марс, с «вторичными» — «нижние»: Венера и Меркурий. Земля, тут статья особая, помещается между теми и другими.

Чем же отличаются «первичные» тела от «вторичных»? Прежде всего тем, что у них в каждой вершине сходятся по три ребра, тогда как у «вторичных» — больше. Но есть и другое отличие. Дотошный Кеплер замечает, что четырехгранник и двенадцатигранник выглядят лучше, симметричнее, когда стоят на одной из граней, а восьмигранник и двадцатигранник — на одной из вершин. «Если последние поставить на одну из граней, а первые на одну из вершин, то в обоих случаях глаз отвергнет столь уродливое зрелище», — говорит Кеплер. Такое различие объясняется тем, как он полагает, что «первичные

правильные тела по своей натуре должны стоять, вторичные должны плавать».

Надуманность всех этих рассуждений ясна каждому. Кеплер и сам ее, наверное, видел. Но ничего лучшего он найти не мог.

Однако более всего Кеплера беспокоили не эта надуманность и искусственность. Его больше волновало другое — опять-таки недостаточное согласие вычисленных им по новой модели цифр с теми, что следовали из книги Коперника. Удовольствовавшись поначалу приблизительным совпадением, которое он обнаружил в горячечной спешке, в лихорадочной жажде сделать открытие, Кеплер со временем стал приглядываться к своим цифрам придирчивее. Особенно не нравился ему Меркурий. Отношение радиуса его сферы к радиусу сферы ближайшей планеты — Венеры отличалось от коперникова значения более чем на одну пятую. Уж это явно никуда не годилось.

Чтобы спасти красивую модель, Кеплер пустился в дальнейшие ухищрения. Он принял для Меркурия иную сферу — касающуюся не граней восьмигранника, а середины его ребер. Теперь совпадение цифр сделалось гораздо лучше. Но какой ценой! Точность модели улучшилась за счет ухудшения ее симметрии: мало того что нет убедительного объяснения для расположения многогранников, для обоснования их странной последовательности, теперь еще одной из планет почему-то предоставляется великодушное исключение из общего правила.

И все-таки, уговаривал себя Кеплер, «столь близкое соответствие числовых пропорций, свойственных правильным телам, и расстояний между планетами, разумеется, не могло быть случайным» «Нетрудно видеть, сколь велико было бы различие между числами, если бы наш опыт противоречил природе небес».

Уговаривать-то он себя уговаривал, но и с оставшейся неточностью помириться не мог. Теперь, когда улажено дело с Меркурием, стала заметной малая схожесть кеплеровых и коперниковых цифр у Юпитера. Нельзя ли еще более повысить точность вообще для всех планет? Кажется, уже все возможности исчерпаны. Или не все? Кеплер стремится приблизиться к эталону — к цифрам Коперника. Но точны ли сами эти цифры? Известно, что Коперник, «чтобы сократить вычисления и не слишком запугивать

усердных читателей чрезмерно большими отклонениями от Птолемея», вычислял положения планет не относительно самого Солнца, а относительно центра земной орбиты. Для Кеплера же, который, предвосхищая идеи Ньютона, считал Солнце не просто «управителем мира», «восседающим на царском престоле», но источником движущей силы планет, центр их орбит помещался именно в центре светила, а не где-то поодаль.

Чтобы устранить расхождение, Кеплер попросил своего бывшего учителя по Тюбингенскому университету Мёстлина пересчитать заново коперниковы цифры, приняв на этот раз за центр небесных орбит центр Солнца. Когда Мёстлин проделал эту тяжелую работу, предстала неожиданная картина. Хотя для Юпитера совпадение стало гораздо лучше, а для Меркурия — ирония судьбы! — цифра вдруг приблизилась к той старой, от которой Кеплер отрекся, остальные планеты — Марс, Земля и Венера — потерпели ущерб, их относительные расстояния стали несравненно больше отличаться от тех, что вычислил Кеплер, используя свои многогранники.

Все надо было начинать заново.

На этот раз, видя, что дело с «правильными телами» не очень-то ладится, Кеплер действительно предпринимает «удивительно смелый» шаг. Он перестает рассуждать только как остроумный геометр и начинает рассуждать как физик. Он пробует нащупать связь между радиусами планетных орбит и периодами обращения планет вокруг Солнца. Что это за связь? Прямая пропорциональность? Нет, наблюдения опровергают эту гипотезу. Кеплер чувствует, что тут, нарушая пропорциональность, в дело вмешивается та самая «движущая сила» Солнца. Не имея ни малейшего представления, что это такое, он, рассуждая логически, пытается понять, как эта сила распределяется между планетами. «С большой вероятностью можно предположить, — размышляет Кеплер, — что действие Солнца подчиняется тем же закономерностям, что и свет... Меру ослабления как света, так и движущей силы следует искать в отношении окружностей [проведенных вокруг Солнца]. Орбита Венеры больше орбиты Меркурия, поэтому Меркурий движется с большей силой, поспешнее, проворнее, стремительнее, чем Венера. Однако чем длиннее орбита, тем больше времени требуется планетам, чтобы совершить

оборот, даже если на них действуют одинаковые движущие силы. Следовательно, увеличение расстояния от планеты до Солнца двояким образом влияет на увеличение периода ее обращения »

Пытаясь учесть это «двойное влияние», Кеплер выводит математическую зависимость между периодами обращения двух планет и радиусами их орбит. Формула неверна. Как мы знаем теперь, она лишь временно занимает место знаменитого третьего закона Кеплера, открытого много позже. Но при ее помощи Кеплер находит относительные расстояния между планетами и Солнцем, которые наиболее близки к пересчитанным коперниковым.

Снова порыв необзуданной радости охватывает его: «Мы видим, как близко нам удалось подойти к истине»

Самое удивительное, однако: для чего ему теперь нужны многогранники? Ведь он нашел эти последние счастливые цифры, вовсе не прибегая к их помощи. Он должен был бы воздать хвалу формуле. Однако он опять воздает ее «правильным телам». Кеплер обращается к герцогу Вюртембергскому Фридриху с просьбой изготовить модель Вселенной в виде серебряного кубка по его, Кеплера, проекту. Фридрих отвечает, что-де ему денег не жалко, но он желал бы сначала посмотреть на этот кубок, сделанный из бумаги. С таким же самозабвением, с каким он корпел над расчетами, Кеплер принимается кроить и клеить сложные бумажные фигуры, прилаживать их одна внутри другой. Наконец кубок готов. Выглядит он довольно эффектно: большая полусфера-чаша, в ней — остов куба, дальше — полусфера поменьше с каркасом четырехгранника внутри, еще дальше — из-за мелкости их на современном рисунке глаз почти уже не различает — совсем миниатюрные чаши, двенадцатигранник, двадцатигранник, восьмигранник — все в точности, как во всамделишной Вселенной, рожденной воображением Кеплера.

Однако то ли герцог не желает прослыть коперниканцем и представить тому вещественные доказательства, то ли какая другая причина, но он придумывает все новые проволочки. Мечта Кеплера сделать чем-то осязаемым, наглядным для многих людей найденную им с таким трудом едва уловимую гармонию мира так и остается мечтой. Бумажный кубок, сделанный его собственными руками, — единственный недолговечный памятник дорогой для него идее

Впрочем, остался и еще один памятник, тоже из бумаги, но гораздо более основательный — книга с длинным названием «Предвестник космографических исследований, содержащий космографическую тайну относительно чудесных пропорций между небесными кругами и истинных причин числа и размеров небесных сфер, а также периодических движений, изложенный с помощью пяти правильных тел Иоганном Кеплером из Вюртемберга, математиком достославной провинции Штирии».

Как водится, по выходе книги автор послал ее экземпляры некоторым уважаемым коллегам и в их числе Галилею и Тихо Браге.

Галилей, наспех просмотрев предисловие к «Космографической тайне» — посланец, привезший ему эту книгу, торопился — и успев лишь понять, что Кеплер — горячий сторонник коперникова учения, написал ему растроганное письмо, в котором благодарил судьбу за то, что она помогла ему найти такого человека, как Кеплер, «в качестве союзника в поисках правды». Однако потом, прочитав книгу внимательнее, он, видимо, умерил свой восторг. Ему, как позже и Ньютону, не знающие границ фантазии Кеплера не могли прийти по вкусу. Во всяком случае, какого он мнения о книге в целом, он Кеплеру так и не сообщил. Не отозвался и на другие присланные ему сочинения и всегда подчеркивал, что его собственный метод мышления «решительно отличен» от метода Кеплера.

Тихо Браге не был так скор на ответ. Похвалив Кеплера за искусство в вычислениях, он, однако, прямо посоветовал ему оставить бесплодные домыслы и заняться лучше точными наблюдениями — этот путь скорее-де приведет его к истине.

Как еще мог отнестись к фантастическим небесным сооружениям Кеплера человек, тридцать пять лет посвятивший тщательному еженощному слежению за всем, что происходит в небе, — за каждым движением планет, комет, звезд... — и накопивший о них огромное количество сведений?..

Однако разделенные большим расстоянием, а также несхожестью характеров и подхода к делу, они все-таки были нужны друг другу, Кеплер и Браге, хотя каждый понимал эту нужду по-своему. Старейший датчанин, столь усердно предававшийся всю жизнь наблюдениям, чувствовал, что сам он не успеет использовать их результаты, и исподволь начинал подыскивать себе преемника, кому бы

он мог со спокойной душой доверить накопленное добро. С тем, однако, условием, чтобы тот употребил эти наблюдения на пользу его, Браге, собственной модели Вселенной, для лучшего ее обоснования. Модель эта отличалась и от птолемеевской и от коперниковской, была чем-то средним между ними. Подобно Копернику, Браге был уверен, что планеты обращаются вокруг Солнца по круговым орбитам. Все, за исключением Земли. Землю же он, как и Птолемей, считал покоящейся в центре мира: вокруг нее-де обращается по кругу Солнце.

«Тихо обладает лучшими наблюдениями и, следовательно, материалом для возведения здания,— говорил по этому поводу Кеплер.— У него есть работники и все необходимое. Недостает ему лишь архитектора, который бы использовал все это в соответствии с его же, Тихо, замыслом. Ибо, сколько ни счастлив даром Тихо и сколь он ни искусен в архитектонике, все же разносторонность задач и то обстоятельство, что истина подчас бывает запрятана довольно глубоко, препятствуют его успехам. К тому же начинает сказываться и возраст, ибо дух и силы его ослабели или ослабеют через несколько лет настолько, что ему станет трудно делать все самому».

Однако сам Кеплер нуждался лишь в наблюдениях Браге, но вовсе не в его модели мира. Он непреклонный сторонник Коперника. Именно его систему он собирается защищать и углублять. Еще работая над «Космографической тайной», он почувствовал, что, словно без воздуха, задыхается без точных сведений о движении планет. Фолианты, составленные Браге, не дают ему покоя. Он почти физически страдает от того, что у него нет к ним доступа. Страдает и негодует.

«Вот мое мнение о Тихо,— пишет он Мёстлину.— Он богат сверх меры, но, подобно большинству богачей, не знает, что делать со своим богатством. Необходимо поэтому взять на себя труд и... лишить его накопленных богатств, вынудить без утайки опубликовать наблюдения, и притом все».

В конце концов пути их пересеклись. Тихо Браге пригласил Кеплера к себе помощником. К тому времени он покинул свою знаменитую обсерваторию Ураниборг, покинул Данию и поселился в местечке Бенатек возле Праги.

Правда, добрые отношения, какие подобают двум ученым, решающим в общем-то одну и ту же задачу, между ними не складывались. Давало о себе знать различие характеров этих людей. Кроме того, Кеплер, припоминая, как видно, отзыв Браге на его «Космографическую тайну», обращенный к нему призыв оставить фантазии и заниматься делом, считал, что Браге не относится к нему как к равному и в самом деле желает в нем видеть лишь наблюдателя и вычислителя. «Тихо — такой человек, с которым нельзя жить, не перенося жестоких оскорблений», — жаловался он Мёстлину.

И все же хотя оба они — и Кеплер, и Браге — с трудом налаживали свой союз, страдали от взаимных обид и подозрений, для науки, для истории этот союз оказался неслыханно удачным. Трудно даже представить себе, какой катастрофой обернулось бы дело, если бы он вдруг распался. А этого, между прочим, едва-едва не случилось. Измученный болезнями и невзгодами, неопределенностью своего положения, раздраженный, как ему казалось, высокомерным отношением Браге, Кеплер вскоре по приезде в Бенатек «хлопнул дверью», и уехал восвояси. Правда, к счастью, одумавшись, возвратился назад. Но и после этого, уже отправившись за семьей, чтобы окончательно поселиться в Праге, он все раздумывал, следует ли это делать. Лишь не найдя другого подходящего места, он наконец решился на сотрудничество с Браге.

Союз этот оказался удачным не только потому, что в конце концов после смерти Браге Кеплер получил в наследство бесценные наблюдения, о которых мечтал. Были и другие причины. Лед и пламень, как известно, могут не только враждовать, но и дополнять друг друга. Спокойный, рассудительный Браге и Кеплер, щедро расточающий «сумасшедшие» идеи. До сих пор ничто не стесняло свободы Кеплера. Он мог выбирать для исследований что хотел. А выбирал он, в согласии со своей неумолимой энергией и необузданным темпераментом, по большей части темы всеохватывающие, предельно широкие. Незадолго до переезда в Прагу Кеплер наметил план будущей своей грандиозной книги о мировой гармонии. Однако Браге поставил перед ним ограниченную задачу — построить теорию движения Марса. Казалось бы, затея не из лучших. Где здесь развернуться фантазии Кеплера? Чем тут насытить его жажду красоты? Гармония — это чудесное, загадочное соответствие, созвучие различных частей неба,

наподобие того, какое он наметил, но еще не раскрыл полностью в «Космографической тайне» Ее не постигнешь, корпя над одной отдельной частицей. Однако именно эта работа, которая бы, возможно, даже не началась, если бы не было встречи Кеплера с Браге, стала главным делом его жизни, принесла самые щедрые плоды.

Работа над теорией Марса в самом деле была совсем не похожа на разгадывание некоего общего принципа устройства мира. В ней как бы родился новый Кеплер, прежде нам не знакомый. Можно только гадать, что другое, коль скоро не поиски мировой гармонии, воодушевляло его при создании этой теории.

Поначалу он взялся за нее с легким сердцем, заключив пари, что завершит ее в восемь дней. Однако блицкриг не удался. Пари было проиграно. Восемь дней растянулись в шесть лет. Тому были веские причины. Марс издавна слыл среди астрономов капризным и своенравным. Он, как говорит Кеплер, «смеялся над их ухищрениями, расстраивал их замыслы и безжалостно разрушал их надежды. Древние жаловались на это не один раз, а неутомимый исследователь тайн природы, знаменитейший из латинян Плиний объявил борьбу с Марсом непосильною для смертных».

Судите сами: в августе 1608 года, например, Марс отстоял от того места, где ему надлежало быть в соответствии с вычислениями, на четыре градуса, а в августе и сентябре 1593 года — почти на пять...

Кеплер и поставил перед собой задачу добиться согласия вычислений с наблюдениями. Не гармония, а точность сделалась на этот раз его целью. Но мало того, гармония мешала точности, и ему пришлось приложить руку, чтобы разрушить ее.

Перво-наперво он расстался с идеей равномерного движения планет, которой так дорожили и Птолемей и Коперник. Причиной тому было физическое рассуждение: если сила, движущая планеты, заключена в Солнце — а именно так считал Кеплер, — то на близком расстоянии от светила она должна ощущаться больше, чем на дальнем. Значит, приближаясь к Солнцу, планета должна двигаться быстрее, удаляясь же от него — медленнее.

Теперь предстояло перейти к вычислениям. В записях Браге Кеплер нашел сведения о десяти противостояниях

Марса и выбрал из них относящиеся к четырем — 1587, 1591, 1593 и 1595 годам, после чего взялся за работу, которую иначе как каторжной не назовешь.

На ощупь, примеряя то одни цифры, то другие, методом последовательных приближений принялся он отыскивать истину. Девятьсот листов занимают черновики его расчетов. По крайней мере семьдесят раз повторял он свои выкладки...

Но, как и всегда у Кеплера, месяцы и годы беспрерывного, всепоглощающего труда сменяются в конце концов бурной радостью победы. Найдены точки наибольшего приближения Марса к Солнцу и наибольшего удаления от него для четырех выбранных Кеплером лет. Определив с их помощью те же точки — перигелий и афелий, — где Марс находился в каждый из шести остальных лет, — и сравнив эти данные с наблюдениями Браге, Кеплер получает совершенно ничтожную разницу — менее двух угловых минут. Вот она, долгожданная удача!

Можно перевести дух, припомнить перипетии тяжелой борьбы, поразмыслить, какой ценой досталась победа. А заодно подготовиться к возможной критике. «Найдутся хитроумные геометры... — говорит Кеплер, — которые не преминут... доказать, что мой метод недостаточно искусен... Что ж, эти математики могут испытать свои силы и найти геометрическое решение задачи. Каждого из них я буду почитать за великого Аполлона. Мне же достаточно и того, что, исходя из одной посылки (четыре наблюдения и двух гипотез), могу построить четыре или пять заключений, то есть найти выход из лабиринта не при свете факела, а с помощью простой нити (которая зато была у меня в руках с самого начала). Если понять метод трудно, то исследовать вещи без метода еще трудней».

Затаенная печаль слышится в этих словах, посвященных минутам радости. Кеплер воюет с богом войны, но бог — покровитель искусств — не дает ему покоя. Ученый уговаривает себя, дескать, вся цель науки — отправляясь от наблюдений, при немногих гипотезах добиться нескольких надежных выводов. Однако не очень-то уверенно звучат эти уговоры. Для Кеплера важен и путь, которым он идет. На этот раз он двигался на ощупь, прибегая к громоздким вычислениям. Но это метод за неимением лучшего. Ему недостает красоты, изящества... Геометрии! Лишь

они, как полагает Кеплер, способны ярким факелом высветить всю суть.

Так он мечется между «красивой» истиной и истиной как таковой.

Впрочем, и своей надежностью вычисленные результаты радуют Кеплера недолго. В промежутках между афелием и перигелием его расчеты отличаются от наблюдений Браге, оказывается, уже не на две, а на целых восемь минут. Вроде бы что за малость! Работая над «Космографической тайной», Кеплер подчас пренебрегал и большим расхождением. Но там у него была гармония. Она служила и целью, и компенсацией за неудачи. Здесь же только одна цель — точность, точность, точность. Восемью минутами пренебречь немыслимо, особенно имея в виду, что ошибка «тихова секстанта» гораздо меньше. И Кеплер подводит печальный итог: «Здание, которое мы возвели на основе одних наблюдений Тихо, нам же приходится и разрушить, руководствуясь другими наблюдениями того же мужа».

В чем причина неудачи? Ответ для Кеплера ясен: «Мы должны... понести это наказание за то, что, следуя своим предшественникам, приняли правдоподобные, но оказавшиеся в действительности ложными гипотезы». Поскольку из всех точек Марсовой орбиты с наблюдениями согласуются только две — афелий и перигелий — значит, все дело в форме орбиты. Она не круговая, она иная. Круг, столь милый сердцу и Коперника и Птолемея, нужно отбросить.

Картина повторяется: сам не добиваясь на этот раз гармонии, Кеплер, мало того, в угоду точности должен опять пожертвовать красотой, которая досталась ему в наследство от прежних поколений астрономов.

Но какова же истинная форма орбиты? Если это не круг, тогда что? словно Архимед, искавший некогда точку опоры для своего рычага, Кеплер обращает свой взор к «точке наблюдения» за Марсом — к самой Земле. Чтобы понять досконально законы движения далекого небесного тела, надо прежде дознаться, как перемещается наша собственная твердь, та, которая под ногами. Тогда лишь обретут смысл отмечаемые с Земли положения своенравной планеты.

В том, что Земля не обладает особыми отличиями, а движется, подобно остальным членам планетного семейства, по своей орбите неравномерно, Кеплер убедился довольно скоро. Теперь предстояло решить вторую половину задачи — найти, если удастся, точную математическую зависимость между скоростью движения Земли и ее расстоянием до Солнца. Некоторые наблюдения навели его на мысль, что «ускорение и замедление движения всегда совпадают с пропорциональным им приближением планеты к центру Вселенной и удалением от него». Приняв это предположение, Кеплер стал вычислять время, за которое Земля перемещается по своей орбите от одной точки к другой. Для этого он разделил всю окружность (земную орбиту он принимал пока еще за круговую) на 360 частей и стал рассчитывать расстояние от каждого маленького участка до центра Солнца. После этого, чтобы определить время, надо было складывать найденные расстояния...

Вычисления получались немыслимо громоздкими и к тому же не очень точными. Хотя Кеплеру и не привыкать было к такой работе, он задумался, нельзя ли ее облегчить. И тут — счастливый случай! — он припомнил, что похожую задачу решал когда-то Архимед: вычисляя отношение длины окружности к диаметру, он разбил круг не на конечное, а на бесконечное множество треугольников. «Когда я осознал, — вспоминает Кеплер, — что существует бесконечное число точек орбиты и соответственно бесконечное число расстояний [от Солнца], у меня возникла мысль, что сумма этих расстояний содержится в площади орбиты». Значит, площадь, очерчиваемая линией, соединяющей Солнце и планету при ее движении, пропорциональна времени этого движения.

Так в ходе не главного, бокового маневра, предпринятого Кеплером, раньше, чем первый, родился его второй закон — закон площадей.

Теперь, имея твердую почву под ногами, можно было вернуться к Марсу. Кеплер снова, опираясь уже на уточненное знание о движении Земли, вычисляет положение Марса, по-прежнему предполагая его орбиту круговой, и сравнивает результаты с наблюдениями. Сомнений нет: Марс обращается не по окружности. С двух сторон, как пишет Кеплер, орбита «постепенно отклоняется внутрь, а за-

тем вновь возвращается к окружности в перигелии»

Наконец-то истина найдена: орбита Марса — овал! И Птолемей и Коперник в самом деле были неправы, считая ее кругом.

Снова Кеплер упивается победой. Как долго, однако, воевал он с Марсом! Каких трудов, каких потерь стоила эта война, поначалу обещавшая быть такой легкой! Подобно всякому военачальнику, много повидававшему на своем веку, Кеплер предается воспоминаниям о боях, о невзгодах и лишениях. «Часто не хватало боевых машин, — пишет он, — причем именно в тех местах, где они были особенно нужны. Неумелые возницы доставляли их окольными путями с большими запозданиями и ценой огромных затрат. Враг, изученный еще недостаточно хорошо, оказывался порой не там, где я ожидал. Солнце и Луна слепили наводчиков, плотные облака временами закрывали цель. Еще чаще выпущенные ядра отклонялись в сторону из-за сырого воздуха»

Кеплер отдает воинские почести боевым соратникам, павшим на полях сражений: «Совершенно особой хвалы заслуживает усердие Тихо Браге, верховного главнокомандующего в этом походе. При поддержке королей Дании Фредерика II и Христиана... он по ночам на протяжении 20 лет без перерыва разведывал все обычаи нашего противника, его военные хитрости, раскрывал все его намерения и перед смертью изложил все это в своих книгах».

И вот война кончена. «..Неприятель стал склоняться к миру и через посредство своей матери Природы прислал мне заявление о сдаче в качестве военнопленного на известных условиях, и под конвоем Арифметики и Геометрии без сопротивления приведен был в наш лагерь»

Однако — какая неожиданность! и на этот раз праздновать победу, оказывается, еще рано. Наблюдения опять вершат свой высший суд и произносят приговор овалу: они не подтверждают очередной гипотезы Кеплера.

«В то время как я упивался триумфом, одержанным над движениями Марса, словно тот уже был окончательно побежден, заключен в темницу таблиц и оплетен путами уравнений — сокрушается Кеплер, — из разных мест стали приходить сообщения о том, что победа была лишь призрачной, и война разгорелась с новой силой. В стенах

моего дома враг, которого я уже считал пленником, разорвал путы уравнений и **взломал** темницу таблиц.. Снаружи шпионы, расставленные вдоль всей орбиты (я имею в виду истинные расстояния), одолели вызванные мной...войска физических причин, сбросили их гнет и вновь обрели свободу».

Положение серьезное. «Еще немного,— говорит Кеплер,— и бежавший враг примкнул бы к восставшим, что привело бы меня в отчаяние. Не теряя ни минуты, я тайно выслал вперед подкрепление — полки новых физических причин, со всей поспешностью разведаль, в каком направлении скрылся беглец, и стал преследовать его по пятам»

Новое предположение, пришедшее ученому на ум во время преследования беглеца: орбита Марса — яйцеобразной формы. Около года потратил он на его проверку, но и оно не подтвердилось.

Гипотеза об эллипсе с Солнцем, расположенным в центре, также не отвечает наблюдениям...

Наконец, кажется, уже на исходе сил, Кеплер перемещает Солнце из центра в один из фокусов эллипса и добивается действительного успеха.

Так, снова наощупь, перебирая одну возможность за другой, приблизился он в конце концов к истине к своему первому закону.

Вот настоящая победа! Во втором законе он уверен не вполне, ему кажется, что он не очень убедительно его доказал. Но закон эллипсов — подлинный триумф. Кеплер не сомневается, что он имеет силу не только для Марса, но и для всех других планет. Какая, однако, удача — теперь он видит это,— что ему пришлось в первую очередь принять именно за Марс! Обернись дело как-нибудь по-другому, полагает Кеплер, ему не удалось бы прийти «к познанию тайн астрономии, и они навсегда остались бы сокрытыми от нас». Вообще, не иначе как провидение неразрывными узами связало его судьбу с Тихо Браге и не допустило, чтобы они расстались «даже после тяжелейших ссор»

Что за сила влекла Кеплера за собой в этом многотрудном поиске? Что за сила давала ему уверенность, что орбиты планет подвластны математике и что он способен отыскать заветную формулу? Не была ли такой силой все та же любимая его идея о гармонии, царящей будто бы в природе?

Трудно заключить об этом достоверно. Сам Кеплер, когда прошло уже много времени, оглядываясь назад, действительно склонен был видеть в этой эпопее органическую часть главного дела своей жизни — поиска гармонии. «Что шестнадцать лет тому назад я считал нужным искать, ради чего я отправился к Тихо и избрал местом жительства Прагу, ради чего посвятил я лучшую пору своей жизни астрономическим исследованиям, все это я теперь нашел» ... писал он, заканчивая «Гармонию мира». Однако непосредственно во время своих трудов над теорией Марса он заклинал судьбу, чтобы эти труды поскорее кончились и он мог бы опять взяться за то, что считал для себя основным: «Если бы господь избавил меня от астрономии, дабы я мог сосредоточить свои помыслы на работе «О гармонии мира»!

И в историю науки со своей «Новой астрономией» — книгой, в которой он рассказал о войне с Марсом, Кеплер вошел скорее не как искатель гармонии, а как ее разрушитель, как ниспровергатель представления о красоте истины. «Великим переворотом в астрономии» назвал кеплеровский переход от кругов к эллипсам известный швейцарский физик Вольфганг Паули. «Открытие первого закона, согласно которому планеты движутся по эллипсам, потребовало больших усилий для освобождения от традиций, чем способен это ясно понять современный человек», — писал Бертран Рассел. — ...Замена кругов эллипсами влекла за собой отказ от эстетического уклона, которым руководствовалась астрономия со времен Пифагора. ...Нужно было отбросить многие укоренившиеся предрассудки...»

Не правда ли, парадокс: предубеждения и предрассудки, навеянные «эстетическим уклоном», опроверг как раз тот человек, который более всего ценил в науке этот уклон?

Наконец желание Кеплера сбылось. Он смог после долгого перерыва опять посвятить себя поиску мировой гармонии.

На этот раз он не хочет, как в «Космографической тайне», ограничиться туманным понятием «гармония», подразумевающим просто нечто стройное и красивое — например, сферы и правильные многоугольники. Он ставит перед собой задачу вывести строгие численные соотношения, отвечающие этому волшебному неуловимому слову. Как многие до него и после него, Кеплер обращается за уроком к музыке. Ведь именно там гармонические сочета-

ния наиболее очевидны. Кеплер припоминает предание, как Пифагор открыл когда-то гармонические пропорции. Проходя однажды мимо кузницы, он будто бы обнаружил, что молоты при ударе о наковальню издают разный звук: большие — низкий, маленькие — высокий. Измерив молоты, он без труда нашел, какие сочетания рожают гармонию, какие — диссонанс, а уже после, перейдя к струнам, определил эти соотношения более точно.

Но Кеплеру нужны не просто гармонические пропорции, а такие, какие положены в основу правильных многоугольников. Именно эти пропорции главные, недаром же они выбраны — Кеплер в том не сомневается — для размещения небесных орбит.

Как всегда, смиренно проделав гигантское количество вычислений, он приходит к выводу, что существуют семь основных гармонических соотношений: один к двум (октава), три к пяти (увеличенная секста), пять к восьми (малая секста), два к трем (чистая квинта), три к четырем (чистая кварта), четыре к пяти (большая терция) и пять к шести (малая терция).

Оставалось немного — разыскать, где именно в движениях планет «создатель запечатлел гармонические пропорции». Снова вычисления, вычисления, вычисления. На этот раз в порыве самого высокого вдохновения, в предчувствии близкого покорения самой главной вершины.

Вот оно, свершилось! Кеплер убежден, что раскрыл великую тайну мироздания: гармония заключена в отношениях наименьшей и наибольшей скоростей каждой планеты и в отношениях этих же скоростей двух различных планет.

Наконец-то найдены два главных воплощения мировой гармонии. Причем смотрите, как все это замечательно, обращает наше внимание Кеплер: одна и та же отдельно взятая планета, естественно, не может находиться одновременно и в афелии, где ее скорость наиболее велика, и в перигелии, где она наименьшая; если же взять пару планет, в какой-то момент одна из них может достичь афелия, а другая — перигелия; значит, «гармонии, образуемые отдельными планетами, относятся к гармониям, образуемым парами планет, так же, как простое, или одноголосное, пение к многоголосному». «Таким образом, говорит Кеплер, небесные движения есть не что иное, как ни на миг не прекращающаяся многоголосая музыка, воспринимаемая не слухом, а разумом».

Его восторгу нет предела. Больной, полунищий, преследуемый неудачами, он чувствует себя счастливейшим человеком на свете. «...Ныне, после того как 18 месяцев назад впервые забрезжил рассвет, после того как три месяца назад наступил ясный день и лишь несколько дней назад взошло яркое солнце чудеснейшего зрелища, ничто не может остановить меня. Я отдаюсь священному экстазу. Не боясь насмешек смертных, я исповедуюсь открыто. Да, я похитил золотые сосуды египтян, дабы вдали от границ Египта сделать жертвенник своему богу. Если вы простите меня, я буду рад. Если вы осудите меня, я снесу это. Жребий брошен. Я написал книгу либо для современников, либо для потомков; мне безразлично — для кого. Пусть книга ждет сотни лет своего читателя...»

Так писал Кеплер по горячим следам своего открытия.

В напряжении этой работы, в спешке, он, опять как бы между прочим, сделал действительно великое открытие — вывел свой третий закон, согласно которому квадраты периодов обращения планет относятся между собой как кубы их средних расстояний до Солнца. Но естественно, он не обратил на него особого внимания. Еще бы! Ведь перед ним брезжила несравненно более величественная цель. Найденный закон он лишь использовал для достижения этой цели в числе других подручных средств, рассчитав с их помощью движение планет. Именно гармония, как он полагал, была первичным, основным, а все остальное просто-напросто вытекало из нее.

Впрочем, на какое-то мгновение он словно бы остановил на законе « $3/2$ » свой рассеянный взор. Может быть, как раз в этот момент Кеплера и осенило, что вся его пражская «астрономическая» эпопея не стоит на отшибе от его главного поиска, а волею судеб оказалась включенной в него как необходимый этап. «Между моей семнадцатилетней работой над наблюдениями Тихо, — говорит Кеплер, — и моими нынешними размышлениями возникло столь полное согласие, что я было подумал, что все это мне снится и я принимаю желаемое за действительное».

У кеплеровской «Гармонии мира» в самом деле немного нашлось сочувствующих читателей. Невежды, естественно, просто не понимали ее, люди серьезные, как Галилей, смо-

трели на идеи Кеплера как на бесплодные фантазии.

В том, что Кеплер — безудержный мечтатель, итальянский ученый мог убедиться не только из присланной ему «Космографической тайны». Узнав, что Галилей открыл четыре спутника Юпитера, Кеплер тут же предсказывает, что спутники есть и у других планет: два — у Марса, шесть или восемь — у Сатурна и «один-другой» — у Венеры и Меркурия. «Так, мне кажется, требует пропорция», — говорит Кеплер. Он с мальчишеским азартом принимается разгадывать анаграмму, при помощи которой Галилей зашифровал одно из предполагаемых своих открытий. Занятие немислимое: анаграмма содержит тридцать семь букв, чтобы найти решение, нужно перепробовать бесчисленное множество комбинаций. Но Кеплера, привыкшего взваливать на себя непосильную ни для кого другого работу, это, конечно же, не смущает. Впрочем, он довольно скоро останавливается на нескольких вариантах, которые его устраивают, не проверяя остальные. Один из вариантов звучит так: «Слава вам, о близнецы, щитоносное Марсово племя». Иными словами, Кеплер предполагает, что Галилей уже открыл два спутника Марса.

На самом деле анаграмма раскрывалась иначе: «Высочайшую планету тройною наблюдал». «Тройным» Галилей увидел в свой телескоп Сатурн, не распознав, однако, что «тройственность» придает этой планете окружающее ее кольцо...

Как нередко бывает в науке (и чему тем не менее мы не перестаем удивляться), предсказания Кеплера, по существу, не имеющие никаких оснований, оказались довольно точны: со временем у Марса в самом деле были открыты два спутника, а у Сатурна — девять...

Несмотря на это, в каждом следующем поколении все меньше находилось ученых, кто бы принимал кеплеровскую идею о гармонических пропорциях всерьез. Уточненные наблюдения и расчеты планетных орбит, путь к которым проложил сам Кеплер, отбросили его правильные многоугольники как ненужную бутафорию, расстроили музыку небесных сфер. Но и без точных проверок и расчетов весь опыт, накопленный естествознанием после Галилея и Ньютона, свидетельствовал, что эта идея абсурдна.

Из всей «Гармонии мира» свое значение для науки сохранила лишь одна-единственная страничка — та, где изложен третий закон движения планет.

Сравнивая то огромное, что сделал Кеплер, с тем по объему немногим, что осталось в науке, кто-то может сказать, что его «коэффициент полезного действия» был не слишком велик. Или, напротив, что те немногие драгоценные идеи — лишь случайные выплески из огромного числа проб. И сказано уже. Тот же Бертран Рассел, столь высоко оценивший переворот, вызванный Кеплером в астрономии, тем не менее отозвался о его вкладе в науку как об одном «из самых выдающихся примеров того, что можно достигнуть, не будучи гением, при помощи терпения».

Начнем с того, что терпение — не такая плохая вещь. Ньютон, который в глазах Рассела, как и всех остальных людей, уж безусловно заслуживает ранга гения, утверждал, что на терпении основан весь его метод. «Исследуемый предмет я носил постоянно в уме, обращая его с различных сторон,— пояснял он,— пока не удавалось, наконец, найти ту нить, которая приводила меня к ясному представлению».

Тем не менее и Ньютон, когда он говорит о самом себе, и Рассел, когда от отзывается о Кеплере, упускают из виду, что человек бесталанный, как бы терпеливо он ни корпел, не сможет создать ничего значительного. Никто не спорит: терпение требуется и гению. Но решающий шаг вперед делает мощный интеллект, охватывающий в их единстве огромное количество связей между явлениями, решающий шаг делает мощная всепроникающая интуиция...

Никому не известны истинные законы, которым подчиняется творчество гения. Оглядываясь на несколько столетий назад, легко судить, как бы следовало поступать человеку, жившему в те времена, и как не следовало. Конечно, неплохо было бы, если б Кеплер всю свою жизнь работал так, как он работал над «Новой астрономией», не заботясь о мировой гармонии. Но тогда Кеплер не был бы Кеплером. Как Коперник не был бы Коперником, если бы он с юношеских лет не испытывал неодолимый порыв к прекрасному, вечному, совершенному небу.

Разубеди кто-нибудь Кеплера в существовании небесной гармонии, он, возможно, вовсе не стал бы астрономом. И тогда бы не было, может быть, еще столетия ни трех знаменитых его законов, ни прозорливых идей о динамических причинах движения планет, предвосхитивших открытия Ньютона... Да и самого Ньютона, наконец, тоже, может быть, не было. Вообще весь ход науки совершился бы по-иному...

А так бы оно скорее всего и случилось с Кеплером вздумай кто-нибудь направить его мышление целиком в «рациональное» русло: нетрудно себе представить, что он мог бы избрать другой путь, нежели путь астронома

Поэзия, которой требовала пылкая романтическая натура Кеплера, беспрестанно толкала его на поиск не меньше, чем сама жажда истины. Собственно, их, пожалуй, невозможно даже было бы разъединить в его сознании поэзию и истину. Истина виделась ему в своем далеке непременно в прекрасном обрамлении. Но подчас это был мираж

Истина прекрасна сама по себе, такую, как она есть. Иные из ученых, отыскав ее, вовсе не склонны ею любоваться. Они радуются лишь успеху: понятное дело — отыскали истину. Другие, хоть и любят, но недолго и, конечно, не заранее, еще не приблизившись к ней. Лишь немногие, как Кеплер, с восторженной душой идут навстречу разыскиваемой истине, загодя одевают ее в прекрасные одежды в согласии с собственными представлениями о красоте. Это как бы придает им дополнительные силы в их многотрудном продвижении к цели. Нет сомнения, что призрак мировой гармонии помогал Кеплеру одолевать рутину невыносимо громоздких вычислений и неуклюжих эмпирических поисков. Но эта же мировая гармония, мы видели, сплошь и рядом направляла его по ложному следу

Один из биографов Кеплера в XIX веке противопоставлял его, яркого, необузданного фантазера, безликой массе скучных «тружеников науки» прошлого столетия, по-прежнему копотившихся в лабораториях и обсерваториях, не смеющих даже помышлять о красоте и гармонии. Мы же, напротив, можем сказать: правильно они делали, что не фантазировали об этих вещах, предаваясь своим тихим полуканцелярским бдениям. Фантазия — вещь опасная. Если Кеплер не запутался в ее дебрях, тому причиной его интуиция гения, преодолевавшая общее ошибочное направление поиска. Но интуиция рядовая, конечно, не способна ни на что подобное. А потому в самом деле лучше не рисковать

Впрочем, и среди действительно выдающихся ученых после Кеплера уже не было ни одного, кто напоминал бы его методом мышления и работы



Галилей

Когда произносят имя Галилей, в памяти первым делом возникают слова «А все-таки она вертится!», сказанные им будто бы инквизиторам. Неизвестно, правда, говорил ли он эти слова на самом деле. Скорее всего это легенда. Однако отнесение этих слов к красивому вымыслу мало что меняет: всю жизнь Галилею приходилось в тяжелой борьбе отстаивать научную истину

Этой борьбой отмечена вся история науки. Бруно, Галилей, Вавилов — конечно, крайности. Но в общем-то с сопротивлением, неприятием, непризнанием сталкивается почти каждый ученый.

И это странно. Казалось бы, единственный, кто должен создавать помехи и преграды на пути ученого, — сама природа, не заинтересованная в раскрытии своих тайн. Но нет, помехи создают люди. С неслыханной энергией, не считаясь ни с юридическими, ни с нравственными кодексами, они атакуют первооткрывателя, норовя стереть в порошок, развеять по ветру и его самого, и добытое им знание

Что за оказия? Люди, опомнитесь! Это же он для вас, для вашего же блага! «Не надо нам! — слышатся вопли. — Ату его! Долой!»

Нет, это странно, как хотите. Странно и непонятно. Это какая-то трагическая загадка, преследующий науку рок.

Самое простое объяснение: открытие всякий раз задевает чьи-то кровные интересы. Таков порядок вещей. Будь он иным, может быть, не было бы улюлюканья и свиста. Напротив, были бы сплошные восторги и аплодисменты, которых ожидаешь по логике вещей и о которых столько написано в лакировочных научных биографиях.

Впрочем, сейчас речь не об этом. Тема этой книги иная истина и красота. И к Галилею я должен подступить именно в связи с этой темой, посмотреть, насколько прижилась в его творчестве старая идея пифагорейцев об истинном и прекрасном. То же, скажу я вам, задача, хорошо известно: Галилей только и делал, что разрушал красивое..

...Галилей только и делал, что разрушал красивое. Он вторгся со своим телескопом в идеальную сферу небес и открыл, что она не так уж идеальна.

Прежде всего он направил телескоп на Луну. Благодаря тридцатикратному увеличению стало видно, что ее поверхность вовсе не гладкая и отполированная, как принято было считать. Напротив, она неровная и шершавая. Кроме того, на ней, как и на земной поверхности, по словам Галилея, видны «громадные возвышения, глубокие впадины и пропасти».

Незамедлительно были приняты меры по спасению красоты. «Наши синьоры философы никогда не согласятся допустить для Луны шлифовку менее совершенную, чем у зеркала; в их представлении она гораздо больше, если только можно себе это вообразить, ибо если они считают, что наиболее совершенным телам свойственны и наиболее совершенные формы, то необходимо, чтобы сферичность этих небесных тел была абсолютнейшей...» Так говорит Сальвиати, глашатай идей Галилея в «Диалоге о двух главнейших системах мира». «Кроме того,— добавляет он,— как только они мне уступят, допустив какую-нибудь, хотя бы даже самую маленькую неровность, я сейчас же подвергну величайшему подозрению, нет ли там и гораздо большей, так как если совершенство заключается в форме, то один волос нарушает его столь же, как и гора».

Сначала «синьоры философы» вовсе отказывались смотреть в трубу, утверждая, что истинное знание не приобретается таким примитивным способом: его-де можно почерпнуть лишь в Библии и в книгах Аристотеля. «Посме-

емя, мой Кеплер,— писал по этому поводу Галилей своему немецкому коллеге,— великой глупости людской. Что сказать о первых философах здешней (то есть падуанской.—О. М.) гимназии, которые с каким-то упорством аспиды, несмотря на тысячекратное приглашение, не хотели даже взглянуть ...ни на Луну, ни на телескоп... Этот род людей думает, что философия какая-то книга, как «Энеида» или «Одиссея», истину же надо искать не в мире, не в природе, а в сличении текстов...

Позже, когда некоторые из «этого рода людей» все-таки соизволили принять участие в наблюдениях и убедились, что на Луне в самом деле видны неровности, они стали говорить, что это оптический обман, порождаемый «стекляшками».

Сам кардинал Беллармино, глава инквизиции, увидев в телескоп, что Луна далеко не идеальна, не поверил своим глазам и просил астрономов Римской коллегии иезуитов сообщить ему свое мнение на этот счет. Отцы иезуиты отвечали, что действительно «нельзя отрицать больших неровностей на Луне, но отцу Клавия кажется более вероятным, что неровной является не ее поверхность, но скорее, что лунное тело не будет равномерно плотным и имеет части более плотные и более разреженные, как обыкновенные пятна, видимые простым глазом».

Эта гипотеза Христофора Клавия, руководителя Римской коллегии, пришлась очень по душе противникам Галилея, и они ее не раз повторяли в различных вариантах. Солнце-де просто обнажает некоторую неоднородность внутреннего строения Луны, а не дефекты ее поверхности. Ведь бывает же неодинаковая прозрачность в стекле, янтаре и во многих драгоценных камнях, очень хорошо отшлифованных. Особенно наглядный пример — перламутр..

Не очень понятно, правда, почему перипатетики — последователи Аристотеля — скорее готовы были пожертвовать внутренним совершенством Луны, чем внешним. Но может быть, как раз аналогия с драгоценными камнями подсказывала им такое предпочтение: камень не перестает быть драгоценным от того, что его поверхность не повсюду одинаково прозрачна.

Слышались и еще более фантастические объяснения видимой на Луне шероховатости. Кое-кто, например, соглашался, что ее поверхность в самом деле неровна, но утверждал, что сверху она покрыта каким-то прозрачным веществом, сглаживающим все неровности

Разве могла бы Луна, говорили «синьоры философы», светиться так ярко, если бы она не была отшлифована и отполирована как зеркало?

В ответ на это Галилей предлагал провести простой опыт: прислонить зеркало к освещенной солнцем стене и отойдя на некоторое расстояние, оценить, что кажется более светлым — шероховатая стена или гладкое зеркало. Несомненно, светлее окажется стена. Так же обстоит дело и с Луной. Причина тому простая: когда поверхность, отражающая лучи, не ровна, на ней всегда находятся участки, освещенные прямыми лучами. Благодаря им и вся поверхность издали кажется яркой.

Кстати именно поэтому бриллианты и другие драгоценные камни делают гранеными. Такой камень, откуда бы мы на него ни смотрели, всегда будет сверкать одинаково ярко. Гладкая же поверхность ярко светится лишь в одном каком-то положении.

Но были обнаружены отклонения от идеальных форм не только на Луне. Независимо от других астрономов, не сколько опередивших его, Галилей открыл пятна на самом Солнце.

Снова «синьоры философы», призвав на помощь всю свою фантазию, стали придумывать одну гипотезу за другой, только бы очистить лик светила от этих позорных знаков несовершенства. Одни говорили, что это де звезды, которые кружатся вокруг Солнца и, проходя мимо него на его фоне, кажутся нам темными. Другие доказывали, что пятна — всего лишь некий эффект, вызванный влиянием воздуха. Третьи опять таки все объясняли иллюзией, порождаемой стеклами телескопа.

Один из ученых мужей придерживался такого толкования (которое считал даже твердо установленным): пятна — это «собрание многих и разнообразных непрозрачных тел, как бы случайно сблизившихся друг с другом», эти тела «то расходятся, то сходятся, в особенности под Солнцем, вокруг которого они движутся». Поэтому нет оснований говорить, добавлял философ, что пятна возникают и разрушаются.

Неизменяемость, нетленность всего небесного — вот чем более всего дорожили верные ученики Аристотеля. Они могли бы по крайности смириться, пожалуй, даже и с пятнами на Солнце, лишь бы эти пятна были на нем от

века, а не возникали и разрушались, как утверждал Галилей.

Учитель их и вовсе не упоминал о солнечных пятнах. Они полагали, по той причине, что считал их сказкой. Сами же «синьоры философы» снизошли до того, что нагромождали одно фантастическое объяснение на другое. Если же и их окажется недостаточно, обещали найти новые.

На стороне Галилея были аргументы совсем другого рода. Наблюдения. В телескоп он видел совершенно ясно, как многие из пятен появляются посередине солнечного диска, как иные из них распадаются и исчезают. Он видел, что пятна движутся вместе с поверхностью Солнца, как бы прилегая к ней, а не вращаются на большом расстоянии от него. Около края светила пятна кажутся более узкими, чем на середине. Это ясно доказывает, что они не звезды и не какие-либо другие шарообразные тела.

Что же касается умолчания Аристотеля, то разве не ясно, что он оттого и молчал, что ничего не знал о пятнах. Мы, говорил Галилей, благодаря телескопу стали в тридцать или сорок раз ближе к небу, чем греческий философ, и можем заметить такие вещи, которых он не видел.

Галилей прекрасно понимал, что открытие гор на Луне и пятен на Солнце означает нечто большее, чем просто установление каких-то фактов. «Я думаю, что мои открытия будут погребением или, скорее, концом, последним осуждением псевдофилософии...» — писал он своему другу князю Чези. Разумеется, перипатетики не откажутся так просто от излюбленного своего суждения о неизменности небес, добавлял он, «но не знаю, каким образом может быть оно спасено и удержано, если само Солнце представляет нашим глазам такие знаменательные явления в пользу нового учения».

На ту же мельницу, перемалывавшую «астрономическую эстетику» древних, лили воду и открытия новых звезд в 1572 и 1604 годах. Их сделал не Галилей, но эти звезды необычайно интересовали его. В них он также видел свидетельство того, что небо, как и все на свете, подвержено изменениям.

Да и почему в конце концов оно должно быть неизменным? Почему неизменность, невозмутимость, неразрушаемость считаются признаками особого благородства и совер-

шенства, а противоположные качества — великим несовершенством? «...Я считаю Землю особенно благородной и достойной за те многие и весьма различные изменения, превращения, возникновения и т. д., которые непрерывно на ней происходят», — говорит другой участник «Диалога», Сагредо, также отражающий взгляды самого Галилея. Напротив, продолжает Сагредо, если бы Земля «не подвергалась никаким изменениям, если бы вся она была огромной песчаной пустыней или массой яшмы, или если бы во время потопа застыли покрывавшие ее воды, и она стала огромным ледяным шаром, где никогда ничто не рождается, не изменяется и не превращается, то я назвал бы ее телом, бесполезным для мира и, говоря кратко, излишним и как бы не существующим в природе — я провел бы здесь то же различие, какое существует между живым и мертвым животным».

Все сказанное, по мнению Сагредо, относится не к одной только Земле, но и к Луне, к Юпитеру, ко всем «мировым телам», ко всей Вселенной.

Сагредо считает легкомысленными и нелепыми распространенные суждения, согласно которым камни, серебро и золото величают драгоценными, землю же называют презренной. Между тем как раз на земле, а не на камнях вырастают «такая прекрасная листва, такие душистые цветы и такие тонкие плоды».

Под конец Сагредо оглашает суровый приговор своим противникам: «Те, кто превозносит неуничтожаемость, неизменность и т. д., побуждаются говорить такие вещи, как я полагаю, только великим желанием прожить подольше и страхом смерти. Они заслуживают встречи с головой Медузы, которая превратила бы их в статую из алмаза или яшмы, чтобы они стали совершеннее, чем теперь».

Да, Галилей разрушает эстетику неизменного неба. Но он не оставляет за собой пустыню. Он создает новую эстетику взамен старой. Она противоположна прежним представлениям. С точки зрения Галилея, идеал красоты — не неизменное, а, напротив, изменяемое. Возникающее, развивающееся и исчезающее. Живое! «Мельчайшая пылинка живого» драгоценнее всех драгоценных камней. Зеленеющая листва, цветы, шелестящие кроны деревьев, всевозможные животные бесконечно совершеннее всех этих холодных алмазов и аметистов.

Галилею возражают: эти идеалы хороши лишь для

Земли; Земле изменчивость в самом деле придает большее благородство; но для чего какие-то перемены Солнцу, Луне и звездам: ведь они «устроены» лишь с единственной целью — служить Земле; для такого служения им не требуется ничего, кроме движения и света.

«Значит, природа создала и привела в движение такие громаднейшие, совершеннейшие и благороднейшие небесные тела, непреходящие, бессмертные, божественные, только для служения Земле, преходящей, брэнной и смертной? На служение тому, что вы называете подонками мира, помойной ямой всяческих нечистот? — насмешливо спрашивает Галилей. — И зачем делать небесные тела бессмертными... чтобы они служили брэнному? Если отнять эту единственную пользу — служение Земле, — то бесчисленное скопище всех небесных тел оказывается совершенно бесполезным и излишним...»

Эстетику изменяющегося, живого Галилей ставил бесконечно выше эстетики неизменного, мертвого. Не правда ли, как близок этот идеал нашим сегодняшним взглядам? И для наших современников, по крайней мере тех, кто научился смотреть широко на вещи, красота живой природы привлекательнее красоты редких металлов и драгоценных камней.

Галилей превозносил свою «новую эстетику» как мыслитель, как философ. Но он не мог воспользоваться ею как ученый-естествоиспытатель: ведь он не был ботаником или зоологом, он был физиком, астрономом. Он имел дело с неживой природой.

В своей научной работе Галилей старался обходиться без припасенных загодя представлений, касающихся того, как будет выглядеть истина, которую он только еще разыскивает. Правда, он не отрицал, что в целом мир в высшей степени совершенен «как величайшее творение божье», однако в чем именно заключается это совершенство, об этом он говорил довольно редко, стремясь, подобно Ньютону, «не измышлять гипотез» без особой надобности. Самыми надежными средствами познания для него были наблюдения, опыты и логические рассуждения — тот научный метод, который и утвердился в науке благодаря Галилею.

Впрочем, Галилей смутно догадывался, что научному методу требуется что-то еще, одних опытов и логики мало. Нужна еще интуиция.

Трогательное чувство вызывают ныне размышления Галилея об этом таинственном средстве познания. Он считает, что таким средством в полной мере владеет лишь сам господь бог. «...Наш способ заключается в рассуждениях и переходах от заключения к заключению, — говорит Галилей, — тогда как его способ — простая интуиция; если мы, например, для приобретения знания некоторых из бесконечно многих свойств круга начинаем с одного из самых простых и, взяв его за определение, переходим путем рассуждения к другому свойству, от него — к третьему, потом — к четвертому и так далее, то божественный разум простым восприятием сущности круга охватывает без длящегося во времени рассуждения всю бесконечность его свойств...»

Правда, Галилей отмечает, что это восхитительное свойство — интуиция — «и для человеческого разума не совсем неведомо», хотя оно, по его словам, «окутано глубоким и густым мраком».

Что ж, и в наши дни мрак, скрывающий от человека сущность интуиции, не вполне рассеялся. Однако это не мешает ученым ежедневно пользоваться ею в своих изысканиях, как пользовался и сам Галилей.

Но и догадки интуиции в конце концов проверяются опытом и логикой. Потому-то они и считаются главными в научном методе.

Отчего же Галилей не доверяет умозрительным гипотезам? Да оттого, что этими гипотезами человек как бы навязывает окружающему миру то, что кажется ему разумным. Но он имел бы на это право лишь в том случае, если бы природа сначала создала человеческий мозг и только потом «расположение вещей сообразно способности его разума». «...Но я считал бы скорее, — говорит Галилей, — что природа сначала создала вещи по своему усмотрению, а затем создала умы человеческие, способные постигать (и то с большим трудом) кое-что в ее тайнах».

Но какова бы ни была эта способность постигать, ее все-таки не следует подменять способностью выдумывать. Чтобы познать, надо исследовать. Между тем, отмечает ученый, встречаются люди, которые идут обратным путем: прежде «вбивают себе в голову» какое-то заключение, а затем подгоняют под них свои аргументы. «Те доводы, которые приходят в голову им самим или которые они слы-

шат от других в подкрепление установившегося у них представления, — сетует Сальвиати, — как бы наивны и нелепы они ни были, немедленно принимаются ими с полным одобрением, и обратно, доводы, которые им противоречат, как бы ни были они остроумны и доказательны, встречаются не только с неохотой, но с негодованием и даже с жесточайшим гневом».

«Не стоит поэтому меряться силами с подобными людьми, — считает Галилей, — тем более что их образ действий не только неприятен, но и угрожает опасностью».

Однако ученому постоянно приходилось сталкиваться и меряться силами с «подобными людьми». «Как! Вы собираетесь поместить брENNую Землю в сонме благородных светил? — восклицали противники системы Коперника. — Но сколь более превосходное распределение, более приличное природе и даже самому богу-зИждителю, заключается в разъединении чистого от нечистого, смертного от бессмертного...»

«Сделайте милость, — отвечал Галилей, — не будем вплетать эти риторические цветочки в действительные доказательства и предоставим их ораторам, или, вернее, поэтам...» «Действительно, система Коперника вносит беспорядок во Вселенную Аристотеля, — добавляет он, — но мы говорим о нашей Вселенной, истинной и реальной».

Не следует из ораторских или поэтических побуждений выдумывать нечто «приличное природе», что на самом деле не вытекает из строгих научных доказательств... Таково убеждение великого итальянского ученого.

Тем удивительнее, что Галилей так легко принял гипотезу Коперника о круговых орбитах планет. Гипотезу умозрительную, основанную на эстетических представлениях.

Словно ученик, он повторяет в «Диалоге» все те доводы, которые мы встречали в коперниковской книге «Об обращениях небесных сфер». К тому же на этот раз Галилей соглашается и с некоторыми мыслями Аристотеля. Если небесные тела, составляющие Вселенную, должны двигаться, рассуждает он, то невозможно себе представить, чтобы движение их было прямолинейным и вообще каким бы то ни было, как только круговым. Но почему же? Да потому, что если бы они двигались прямолинейно, то никогда не возвращались бы на свои места. А это означало бы, что во Вселенной нет порядка.

Однако и это еще не все. Тело, которое двигалось бы по прямой, направлялось бы к цели, которую достигнуть невозможно, ведь прямая линия бесконечна. Между тем природа не предпринимает ничего, чего нельзя было бы сделать.

Правда, можно предположить, что небесные тела двигались какое-то время по прямым линиям при возникновении Вселенной. Вслед за Платоном Галилей рисует такую картину сотворения мира: сначала был первичный хаос «где блуждали в смятении и беспорядке какие-то не определенные материи»; затем начался акт творения небесных тел, «после того как они были сотворены и вполне установлены, были приведены на некоторое время своим творцом в прямолинейное движение», но потом, «когда они достигли известных предназначенных им мест, они были пущены одно за другим по кругу и перешли от движения прямолинейного к круговому», в котором, «и пребывают по сие время».

Кстати, отсюда же следует и равномерность движения планет. Представим себе, говорит Галилей, что бог создал какую-то планету, например Юпитер, которой решил придать некоторую скорость. Тогда можно предположить, что он сообщил Юпитеру прямолинейное и ускоренное движение. Когда же намеченная скорость была достигнута, творец обратил прямолинейное движение в круговое. Вполне естественно, что скорость его и поныне сохраняется неизменной.

Что ж, может быть, и в самом деле движение по кругу «лучше», чем по прямой. Но почему же Галилей не рассматривает другие возможные движения? Ведь он заявил, что оно не может быть не только прямолинейным, но и вообще каким бы то ни было, кроме как круговым.

На этот вопрос нет ответа. Снова и снова ученый рассуждает о преимуществах движения по кругу. Причем эти рассуждения опять почти дословно напоминают идеи Коперника. Движение небесного тела по окружности, пишет Галилей, не допускает беспорядка во Вселенной. Ведь такое движение — всегда законченное и определенное. Нет ни одной точки на окружности, которая не была бы начальным и одновременно конечным пунктом кругового движения. А раз так, то оно обязательно должно быть равномерным, ибо неравномерно тело движется тогда, когда у него есть влечение к какому-либо месту: приближаясь к нему, оно испытывает ускорение, а удаляясь — замедле-

ние. Здесь же небесное тело и удаляется от какой-то точки, и одновременно приближается к ней. И влечение, и «нерасположение» имеют одинаковую силу.

Впрочем, есть еще одно средство поддержания порядка во Вселенной — покой. Если какое-то тело не движется по кругу, оно должно быть неподвижным. Кроме покоя и кругового движения, говорит Галилей, нет ничего, что было бы пригодно для сохранения порядка. Древние считали, что покой — это удел Земли. Галилей же, подобно Копернику, убежден в неподвижности Солнца.

Заблуждение Галилея относительно формы планетных орбит можно было бы понять: он не занимался специально этим вопросом. Но вот что странно: ни много ни мало двадцатью годами раньше опубликования галилеевского «Диалога» Кеплер установил довольно точно, без всяких умозрительных рассуждений о совершенных и несовершенных фигурах, что всякая планета при своем движении вокруг Солнца описывает не окружность, а эллипс.

Может быть, Галилей не знал об открытии Кеплера? Трудно это допустить. Оба ученых были довольно хорошо осведомлены о работах друг друга. Хотя они так и не встретились ни разу, однако разделенные расстояниями, каждый в своей стране, они боролись за одно и то же дело — за дело Коперника.

Изредка они обменивались письмами. Впервые такой обмен состоялся после того, как Кеплер прислал Галилею свою «Космографическую тайну». В тот же день Галилей написал Кеплеру: «Ваша книга, о учнейший муж, которую Вы переслали мне через Пауля Амбергера, попала ко мне буквально несколько часов тому назад... Пока я прочел только введение, но из него узнал в некоторой мере Вашу цель, и я поздравляю себя с тем, что мне улыбнулась судьба найти такого человека в качестве союзника в поисках правды... Много лет назад я обратился к идеям Коперника, и с помощью его теории мне удалось полностью объяснить многие явления, которые не могли быть, в общем, объяснены посредством противоположных теорий. У меня появилось множество аргументов, опровергающих противоположные представления, но я до сих пор не решился опубликовать их из боязни столкнуться с той же судьбой, которая постигла нашего Коперника... Я бы все же решился выступить с моими размышлениями, если

бы было побольше таких людей, как Вы, поскольку же это не так, я избегаю касаться указанной темы».

Другая книга Кеплера, «Новая астрономия», также была им послана Галилею. Именно в ней немецкий астроном говорил об установленном им факте — эллиптической орбите Марса и о двух выведенных законах движения небесных тел. Однако на этот раз Галилей не только не ответил скоро, но и вообще не ответил.

Читал ли он «Новую астрономию»? Историк Н. И. Веселовский пишет, что тому нет никаких свидетельств. Однако по здравому рассуждению совершенно невозможно предположить, чтобы не читал или хотя бы не просмотрел, ведь ни к чему другому он не испытывал такого интереса, как к астрономии.

Чуть позже Кеплер высказал мысль о том, что движение планет неравномерно. И эти слова не могли не попасться на глаза Галилею: они содержались не где-нибудь, а в «Разговоре со звездным вестником», который, как это видно уже из названия, представлял собой отзыв на книгу Галилея «Звездный вестник» (иногда и Галилей посылал Кеплеру свои работы).

Но и то и другое утверждение Кеплера — об эллиптической форме планетных орбит и о неравномерности их движения — Галилей не принял. Это становится очевидным хотя бы при чтении его «Диалога».

Мы можем только догадываться, что помешало Галилею верно оценить великие открытия Кеплера. Например, не лишено оснований предположить, что у Галилея вообще исподволь сложилось несколько предвзятое отношение к научным методам немецкого астронома, которое с годами становилось сильнее. Сам Галилей не однажды отмечал разницу в его и Кеплера взглядах. «Я всегда ценил Кеплера за свободный (пожалуй, даже слишком) и острый ум, — говорит он в одном из писем, — но мой метод мышления решительно отличен от его... Только в отношении движений небесных тел мы иногда сближались в некоторых схожих... концепциях... Но это нельзя обнаружить и в одном проценте моих мыслей».

Настороженность Галилея, по-видимому, вызвала уже «Космографическая тайна». Глубоко чуждой должна была ему показаться идея Кеплера о том, что в мире царит гармония, основанная на простых соотношениях чисел, и что

разгадать ее тайну можно с помощью правильных геометрических фигур. Чем же отличается такой подход от приемов последователей Аристотеля? И здесь и там придумывается какая-то «красивая» умозрительная схема мира, предполагающая его гармонию или неизменность, и под эту схему подгоняются факты. Непростительно для серьезного ученого уподобляться псевдофилософам.

Не мог Галилей не знать и об астрологических занятиях Кеплера. Вряд ли ему было известно скептическое отношение самого Кеплера к этим занятиям. Факт оставался фактом: математик императора составляет гороскопы для высокопоставленных особ.

Что касается Галилея, его взгляд на всякого рода прорицателей был вполне определенным. Он считал все это чепухой, недостойной внимания ученого. В «Диалоге» Салгердо высмеивает языческих оракулов, пророчества которых становятся понятными только после того, как случится предсказанное. Сальвиати добавляет к этому: «А почему не упоминаете вы о предсказаниях астрологов, которые так хорошо читают по гороскопу и даже по расположению небесных светил то, что уже произошло?»

Может быть, это излишнее «легкомыслие» Кеплера и рождало у Галилея некоторую настороженность к его работам, даже вполне серьезным. Некоторые из них он просто не понимал. Казалось бы, что стоит при желании вникнуть поглубже? Однако любопытство в этом случае не снесло Галилея. Какая-то лень чувствуется в его отзыве на «Диоптрику» Кеплера, посвященную свойствам линз, используемых в телескопе. «Эта наука еще недостаточно изучена, — примерно так говорил он Джованни Тарде, заинтересовавшемуся вопросами оптики, — я не знаю никого, кто бы ею занимался, если не вспомнить об Иоганне Кеплере, императорском математике, который написал об этом книгу, но настолько темную, что ее, пожалуй, никто не понял».

То же самое случилось и с «Новой астрономией». Галилей ее не понял, как и «Диоптрику». Вернее, не захотел понять.

Так нередко бывает в науке. Если какой-то исследователь хоть чем-то покажет свою несерьезность в глазах коллег, доверие к нему сразу же резко уменьшается. Подчас человеку со стороны приговор ученых кажется чрезмерно суровым: они могут годами презрительно или насмешливо морщиться при одном лишь упоминании имени исследо-

вателя, допустившего оплошность когда-то давным-давно. Это своеобразный внутренний этикет ученых, которым многие из них очень гордятся. Шведский физиолог, нобелевский лауреат Рагнар Гранит полагает, например, что «благодаря этим принципам сообщество ученых поддерживает более высокие стандарты взаимоотношений, чем любая другая человеческая группировка». Говоря несколько проще, такой этикет служит науке дополнительной защитой, препятствующей проникновению в ее расположение всего чуждого и враждебного.

Однако, с другой стороны, «карательный механизм» научного этикета иногда приводится в действие без надобности, чтобы сокрушить соперника, когда сделать это честным путем невозможно.

Конечно, к Галилею это никак не относится. Он всегда отзывался о Кеплере с исключительным уважением. Пожалуй, только однажды у него с языка сорвалось неосторожное слово, когда он коснулся в «Диалоге» мнения Кеплера о природе приливов. «Среди великих людей, рассуждавших об этом поразительном явлении природы,— говорит Галилей,— более других удивляет меня Кеплер, который, обладая умом свободным и острым и будучи хорошо знаком с движениями, приписываемыми Земле, допускал особую власть Луны над водой, сокровенные свойства и тому подобные ребячества».

Но тут Галилея можно понять: вопрос о приливах волновал его больше всего: в них он видел главное подтверждение движения Земли. А Кеплер толкует, будто приливы вызывает Луна. Отсюда и чрезмерное раздражение Галилея.

Правда, это слово «ребячество», однажды произнесенное вслух, вызывает подозрение, что про себя оно говорилось гораздо чаще. Однако тут мы уже вступаем в область догадок.

Что же касается спора о приливах, то и в нем, как известно, прав оказался Кеплер, а не Галилей.

Итак, причина, почему Галилей не оценил по достоинству открытий Кеплера, заключалась, возможно, в непохожести кеплеровского стиля мышления, темперамента, научного метода на его, Галилея, собственный стиль, темперамент и метод. Впрочем, это для нас теперь суть дела сводится к непохожести, к различию. Для Галилея же некото-

рые поступки и суждения Кеплера должны были казаться просто легкомысленными, ронять в глазах итальянского ученого его авторитет.

И напротив, принять коперниковское представление о круговом, равномерном движении планет Галилею не составляло труда, поскольку авторитет Коперника был для него непререкаем. Всю свою жизнь, с юных лет и до конца дней, он относился к нему с таким уважением и восхищением, какие только может испытывать один ученый к другому.

Поверив однажды в великое учение Коперника, Галилей с иронией, подчас не скрываемой, смотрел на всяческие попытки опровергнуть это учение. Одну из таких попыток предпринял в 1616 году «знаменитый и превосходный сеньор Франческо Инголи из Равенны». Ответное «Послание к Инголи» Галилей, считавший своим священным долгом «охранять интересы» Коперника, написал лишь в 1624 году, спустя восемь лет. Чем объяснить столь долгое его молчание? «Мне казалось,— говорит Галилей, обращаясь к Инголи,— что этим способом мне не пришлось бы вносить чувство горечи в те настроения, которые (как я хочу думать) вы должны были переживать, когда были убеждены, что сразили такого человека, как Коперник».

Итак, Галилей медлил с ответом такой большой срок лишь потому, что ему, видите ли, не хотелось огорчать «знаменитого и превосходного сеньора», пребывавшего, по-видимому, в неописуемом блаженстве по случаю мнимой победы над гением. Разве это не ирония?

Как вообще сеньор Инголи (кстати, некогда бывший его, Галилея, учеником) осмелился усомниться в достоверности исследований Коперника, которым тот, вероятно, посвятил большее число лет, чем Инголи — дней? Ответ ясен из самой «Диспутации» Инголи: автор ее легкомысленно предполагает, будто Николай Коперник не «проник в тайны» «простейшего» учебника астрономии Сакробоско, будто он не знал даже, что такое параллакс, и наконец, будто он не читал и не усвоил Птолемея и Аристотеля. При этом, конечно, не удивительно, заключает Галилей, что Инголи убедил себя в возможности опровергнуть Коперника, раз уж он был о нем «столь слабого мнения». И то сказать, на некоторых детский лепет Инголи в самом деле произвел впечатление. «Диспутация» хотя и не была напечатана, тем не менее широко распространилась в рукописи.

Кстати, о Птолемеи. «Сильным мира сего», у которых авторитет Птолемея был необычайно высок, Галилей

стремился внушить, что Коперник — фигура не меньшего масштаба. «Если кому-либо из людей удалось подняться в умственном отношении высоко над общим уровнем человечества, то это были, конечно, Птолемей и Коперник, которые сумели прочесть, усмотреть и объяснить столь много высокого в строении Вселенной» — так пишет Галилей в посвящении великому герцогу Тосканскому Козимо II Медичи, предпосланном «Диалогу».

Это рекомендация Коперника «начальству», помещенная на титульном листе книги. Большого и нельзя сделать, учитывая, что коперниканское учение запрещено инквизицией. Однако сам Галилей убежден (и это нашло отражение на множестве «внутренних» страниц «Диалога»), что гений Коперника выше, нежели гений александрийца «Коперник превзошел прозорливость и проницательность Птолемея, ибо он увидел то, что Птолемей не видел...» открыто говорит Сальвиати уже в «Дне втором». «Но каковы те нелепости птолемеевой системы, которые устранены в коперниковой?» — спрашивает простак Симпличио. «У Птолемея мы находим болезни, а у Коперника — лекарство от них», — отвечает Сальвиати. И разъясняет дальше, в чем «великая несообразность», «уродливость» и «величайшая абсурдность» птолемеевой системы.

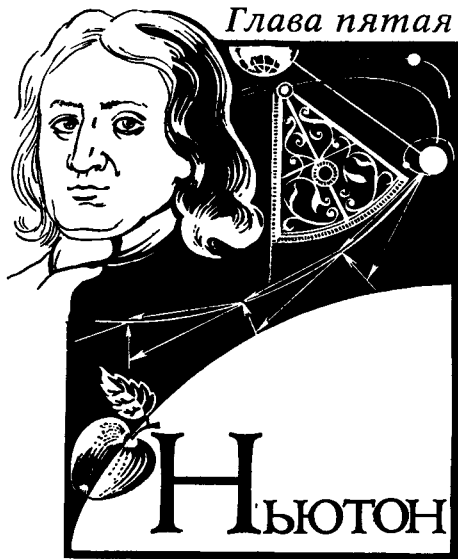
Вера Галилея в гений Коперника столь велика и непоколебима, что он легко прощает ему некоторую недодуманность деталей его системы и даже находит вполне естественной эту недодуманность. Сагредо, например, недоумевает, как это птицы «по своему произволу летают вперед и назад, кружатся на тысячу ладов и, что еще важнее, целыми часами кажутся висящими в воздухе», «как среди стольких кружений они не утрачивают движения Земли» и «как могут они держаться против такой скорости, которая в конце концов в огромное число раз превосходит быстроту их полета». «Ваше сомнение в самом деле не лишено оснований», — отвечает Сальвиати, — и пожалуй, сам Коперник не нашел бы для него вполне удовлетворительного решения, почему, быть может, он о нем и умалчивает, впрочем, и при рассмотрении других доводов в пользу противного он весьма лаконичен, думаю, из-за возвышенного склада ума и потому, что он опирался на созерцание вещей более величественных и высоких, уподобляясь, таким образом, льву, мало обращающему внимания на заносчивый лай собачонок».

Вместе с тем как бы в помощь самому Копернику

Галилей не устает искать новые доводы, подтверждающие справедливость его системы, и по-детски радуется, когда удастся их найти

Не удивительно поэтому, что Галилей целиком перенял идеи Коперника о круговом и равномерном движении планет. Так же, как он перенял его представления о красоте и совершенстве Вселенной вообще. Собственно говоря, эта красота и побуждает ученого исследовать мироздание. Здесь Галилей также полностью согласен с Коперником. Вспомните это место из предисловия к коперниковской книге «Из числа многочисленных и разнообразных искусств и наук, пробуждающих интерес и являющихся животельной силой для человеческого разума, по моему мнению, с величайшим жаром следует себя посвятить тем, которые исследуют круг предметов, наиболее прекрасных и наиболее достойных познания. Таковыми являются науки, которые изучают чудесные обращения во Вселенной и бег звезд, их размеры и расстояния, их восход и заход, а также причины всех иных небесных явлений, а затем объясняют все строение мира. А что есть прекраснее, чем небо, охватывающее все, что прекрасно?»

И почти теми же самыми словами начинается «Диалог» Галилея «Вернейшее... средство направить свой взгляд вверх — это изучать великую книгу природы. Хотя все, что можно прочесть в этой книге, является творением всемогущего художника и расположено самым совершенным образом, наиболее достойно изучения в первую очередь то, что показывает нам творения и творца с более возвышенной стороны. Из достойных изучения естественных вещей на первое место, по моему мнению, должно быть поставлено устройство Вселенной. Поскольку Вселенная все содержит в себе...»



Чем объяснить, что в прошлом в науке были гиганты, а нынче их что-то не заметно? Только ли тем, что «лицом к лицу лица не увидать, большое видится на расстоянии»?

Может быть, тем, что крупных загадок, точнее, таких, которые кажутся крупными миллионам людей, у природы не так уж много? Законы движения планет, основные законы механики, закон всемирного тяготения, законы естественного отбора... Эти загадки были разгаданы задолго до нас. Тех, кто их разгадал, мы и числим гигантами.

Нынче наука пошла вглубь. На пути ее встречаются рёбры отнюдь не более легкие, чем прежде, требующие для своего разрешения не меньше интеллектуальных усилий. Однако, несмотря на все усилия популяризаторов, эти нынешние научные баталии остаются для широкого круга людей за семью печатями. Подвиг современных галилеев и ньютонов остается неоцененным.

Впрочем, что такое современный? Разве Эйнштейн не современен? Он родился лишь сто десять лет назад, и только три с половиной десятилетия минуло со дня его смерти. Разве это не современность?

Нет, как хотите, но это зрительная абберация, будто история полна гигантов, а в нынешнем времени они отсут-

ствуют. Истина, пожалуй, такова: их не так много было в прошлом, не так много окажется и в будущем.

Среди гигантов прошлого Ньютон возвышается как скала. Не только благодаря своим великим открытиям, но и благодаря основанному им великому мышлению. Поиски гармонии? Погоня за красотой? Ньютону это было несвойственно. Совершенно немислимо себе представить, чтобы Ньютон мог, подобно Копернику или Галилею, прийти к выводу, будто планеты движутся по кругу, на том основании, что круг — «самая совершенная» из всех геометрических фигур...

...Совершенно немислимо себе представить, чтобы Ньютон мог, подобно Копернику или Галилею, прийти к выводу, будто планеты движутся по кругу, на том основании, что круг — «самая совершенная» из всех геометрических фигур. Столь же немислимо вообразить, чтобы, наподобие Кеплера, он мог сделать заключение, будто в основе гармонии Вселенной лежат пять правильных многогранников.

Ньютон был непоколебимо убежден, что наши знания о мире мы должны черпать непосредственно «из явлений», избегая каких бы то ни было «гипотез». Слово «гипотеза» было поистине ненавистно ему. «Hypotheses non fingo» («Гипотез не измышляю») — эту фразу в различных вариантах Ньютон не устал повторять всю жизнь. «...Если кто создает гипотезу только потому, что она возможна, — говорил ученый, — я не вижу, как можно в любой науке установить что-либо с точностью: ведь можно придумывать все новые и новые гипотезы, порождающие новые затруднения».

Откуда происходила эта неприязнь к ни на чем не основанным предположениям? Не оттого ли он так их не любил, что однажды, когда-нибудь в молодости, сам «обжегся» на какой-нибудь фантастической гипотезе? Ведь случается же иной раз такое. Увы, история не сохранила об этом никаких сведений.

Скорее всего нелюбовь к умозрительным рассуждениям была заложена в самом характере Ньютона — спокойном и ровном. «Ньютон был здоровый человек с счастливой организацией и ровным темпераментом, без страстей, без желаний. У него был конструктивный ум...» — так сказал о нем Гёте.

Подчас будущего гениального физика или астронома привлекают к занятиям наукой широкие философско-поэтические размышления, во время которых парит мечта, освобождается от оков воображение. Так, по воспоминаниям Кеплера, в нем рано пробудились раздумья «о всевозможных вопросах. о небе, о душах и духах, о стихиях, о природе огня, о происхождении источников...»

Ньютон начинал не как философ. Скорее, как инженер, как изобретатель «Уже с детских лет...— пишет один из биографов Ньютона,— в нем замечалась особенная склонность ко всякого рода механическим или физическим изобретениям. Не было ни одной машины, с которой бы он не сумел сделать модели. Таким образом он вскоре стал уже делать часы, которые шли посредством движения воды и указывали время с необыкновенной точностью». Неподалеку от городка, где одно время жил Ньютон, строилась новая ветряная мельница. Эта мельница необычайно заинтересовала мальчика. Он ходил на нее смотреть до тех пор, пока не разгадал принцип ее работы. И конечно, опять-таки соорудил небольшую модель мельницы, которая действовала как настоящая. Отличие заключалось только в том, что у модели был добавочный механизм управления. Управлял маленькой мельницей «мельник» — посаженная Ньютоном мышь, которая одновременно и поедала на-молотую муку.

То, как позднее Ньютон разгадывал устройство тонких механизмов природы, очень похоже на это детское изучение устройства мельниц и часов. Есть явление: ветер вращает мельничные крылья. Требуется найти, каким образом рождается это движение. А откуда, допустим, берется сам ветер, знать пока не обязательно. Еще одно явление: разноцветные световые лучи. А какова природа самого света, над этим можно пока не ломать голову. Наконец, тяготение... «Есть ли какой-то общий закон, которому оно подчиняется?» — вот вопрос. А что оно, тяготение, из себя представляет — это совсем другая задача. Вряд ли ее можно решить, опираясь лишь на факты установленные, верные. Любой же другой путь для Ньютона неприемлем. «До сих пор я объяснял небесные явления и приливы наших морей на основании силы тяготения, но я не указывал причин самого тяготения,— пишет он в конце своей знаменитой книги «Математические начала натуральной философии». —...Причину же... тяготения я до сих пор не мог

вывести из явлений, гипотез же я не измышляю.. Гипотезам же метафизическим, физическим, механическим не место в экспериментальной философии»

Итак, нелюбовь Ньютона к гипотезам не была навеяна печальной памятью о каких-то заблуждениях его собственной молодости. Однако отчасти она была ответом на распространенное заблуждение века. «. Естественные и физические науки в эту эпоху были запутаны различными философскими воззрениями и метафизическими системами, пишет тот же биограф Ньютона,— так что не было почти ни одного человека, который мог бы сделать или даже понять различие между темным воззрением и точным понятием, между физической гипотезой и строго доказанным физическим законом».

Природа как бы устрашилась этой путаницы и хаоса и создала Ньютона с его «конструктивным» умом, спокойным и холодным нравом.

Своей вершины «измышление гипотез» достигло в работах Декарта. Он придумывал их буквально по всякому поводу. «Нет ни одного явления природы, не вошедшего в то, что было объяснено в настоящем трактате»,— с гордостью заявляет Декарт в своих «Началах философии». И объяснения все гипотетические. Каким образом движутся планеты? Они переносятся вихрями. Почему соль соленая? Потому что ее частицы игольчатой формы.

«...Кажется странным ...что Ньютон в своих сочинениях никогда не отзывался благосклонно о Декарте и часто был к нему несправедлив» — удивляется известный физик Био, автор биографии Ньютона. Полноте, странно ли это? Удивительно ли это? В предисловии к ньютоновским «Началам» Котс, не без ведома самого Ньютона, напрямую обрушивается на Декарта и его последователей, говоря, что они своими гипотезами создают не реальную картину природы, а всего лишь изящную и красивую басню. Да и само название «Математические начала натуральной философии» это спор с «Началами философии» Декарта. Два добавленных слова — но как велика разница! Это добавление означает все то же: «Гипотез не измышляю».

И все-таки неизвестно, стал бы Ньютон столь непримиримым врагом гипотез, если бы не случай, который свел его с Исааком Барроу, заметным в ту пору математиком. Бар-

роу был учителем Ньютона в его студенческие годы, проведенные в Кембридже. От него, быть может, и перенял Ньютон привычку с насмешкой встречать всевозможные догадки и выдумки, вплетаемые в ход строго научного рассуждения.

«Физики много спорят о природе света,— писал Барроу иронически,— одни считают свет некоторой телесной субстанцией, другие — качеством или движением. Спорят о происхождении света, о том, проходит ли он через среду непрерывно или распространяется импульсами, умножая сам себя. Я не разбираю этих любопытных вопросов... Мне не удалось понять скрытые свойства света, и самые мудрые философы не постигли, какими способами множится свет, какова его сущность и как он может проявлять силу.. Поскольку надо же сказать что-нибудь о природе света, я соглашаюсь с теми из коротко упомянутых гипотез, которые что-нибудь объясняют...»

Надо же сказать что-нибудь о природе света... Так уж заведено любителями домыслов. Вот Барроу и принимает по мере надобности то одну, то другую гипотезу, не веря, разумеется, ни в одну из них.

В другом случае ирония в словах Барроу слышится еще отчетливее. «Поскольку зашла речь о цветах,— говорит он,— нужно (по обычаю и порядку) немножко погадать и о них». И Барроу гадает с насмешкой на кофейной гуще — дескать, цвет зависит от густоты лучей: красный цвет — более густой, голубой — менее...

Интересно, что рукопись книги перед ее печатанием Барроу дал просмотреть своему молодому ученику, «мужу славному и выдающихся знаний», как он уже тогда о нем отзывался. Ньютон внес туда кое-какие поправки, однако места с «гаданиями» не тронул, хотя уже в то время своими оптическими опытами установил, что такое цвет на самом деле. Стоит ли исправлять их,— так, очевидно, рассуждал он,— предупреждение, что здесь излагаются гипотезы, то есть гадания, говорит читателю само за себя.

Как раз работы Ньютона по оптике и были среди первых, прочитанных им Лондонскому королевскому обществу, чести быть принятым в которое он удостоился. Сообщения были выслушаны в общем благосклонно. Однако случилось и нечто неожиданное для Ньютона. С каким бы докладом он ни выступал, этот доклад неизменно подвер-

гался атаке со стороны другого члена Королевского общества — Роберта Гука. Гук либо объявлял положения Ньютона неверными, либо доказывал, что они давным-давно открыты им, Гуком. Например, когда Ньютон представил обществу свой телескоп-рефлектор, Гук, ничтоже сумняшеся, заявил, что это-де все не новость, что он, Гук, обладает таким средством, с помощью которого «может довести до последней степени совершенства не только телескоп, но и все прочие оптические инструменты; так что все, что было изобретено или спроектировано, или что даже было только желаемо в оптике, он может выполнить с легкостью и точностью».

Ныне трудно себе представить, чтобы серьезный ученый — а Гук, несомненно, был им — мог столь легкомысленно предаваться очевидному хвастовству. Но и в то время Гук хоть кому мог показаться в диковину. «Он с своими способностями соединял невероятную деятельность ума и чрезвычайное честолюбие,— говорит о нем Био.— Не было ни одной отрасли человеческих знаний, которую он более или менее не изучил и по которой не выработал бы своих собственных взглядов, так что невозможно было вообразить ни одного предмета, о котором бы он не думал, или предложить какое-либо новое изобретение, против которого он не возражал бы».

С Ньютоном они были антиподы. Их соперничество, начавшееся лихими кавалерийскими наскоками Гука в Королевском обществе, продолжалось долгие годы.

Столь же странный отзыв Гук представил и по поводу ньютонова «мемуара», который назывался «Новая теория света и цветов». В этой работе Ньютон излагал результаты своих опытов по преломлению света и на основании их делал вывод о том, что такое цвет. Причем по своему обычаю заканчивал «мемуар» словами: «Я не буду смешивать домыслы с достоверностями». Гук, вместо того чтобы оценить работу Ньютона по существу, то есть сказать свое слово о сообщаемых в ней «достоверностях», фактах, заявил, что ее содержание не соответствует-де его, Гука, гипотезе о природе света.

Нашлись у Ньютона и другие противники. Возражения некоторых из них были вовсе смехотворны. Например, известный в то время физик Линус утверждал, что Ньютон не мог получить с помощью призмы цветовой спектр, поскольку-де ему, Линусу, это никогда не удавалось. А причиной того, что изображение, даваемое призмой, удлинилось

и окрасилось, было, наверное, какое-нибудь «блестящее» облако, которое заслонило солнце в момент, когда делался опыт. И как будто специально, зная о неприязни Ньютона к гипотезам, Линус называл этим злополучным именем открытые им факты.

Гипотезы, гипотезы, гипотезы... Мелькание ненавистного слова больше всего раздражало Ньютона. Поначалу он подробно отвечал на критику, но каждый раз делал это все с меньшей охотой, пока, наконец, не впал в меланхолию, зарекся вступать в какие бы то ни было пререкания и даже порывался вовсе оставить научные занятия. Правда, к счастью для человечества, он не осуществил своего намерения.

Так неожиданно завершился этот эпизод в начале блистательного и не предвещавшего бурь вступления гениального физика в «научный свет». Решительным «*Hypotheses non fingo*» Ньютон бросил вызов своему веку. Но по натуре он не был бойцом, и это несоответствие едва не привело к трагедии. Отзвуки неприятных переживаний того времени ощущаются в дальнейшем во всей манере поведения Ньютона — и в общем нерасположении его к научным дискуссиям, которые он вел то слишком робко, то, напротив, чересчур грубо, и в непомерно осторожном отношении к публикации любых своих результатов.

Можно только гадать, что было бы, если бы Ньютону довелось услышать критику своей теории цветов, несравненно более решительную, раздавшуюся почти 140 лет спустя. Критика эта звучала тем более резко, что исходила она не от профессионального ученого, а, скорее, от любителя, хотя и наделенного разносторонними исследовательскими способностями. Автором ее был великий немецкий поэт Иоганн Вольфганг Гёте.

Теория Ньютона сделалась общепризнанной уже в то время, но и теперь, когда читаешь пылкие обвинения Гёте, посылаемые им творцу «Оптики», берет легкая оторопь. Мало-помалу почва становится зыбкой и уходит из-под ног. Начинает казаться, будто что-то у Ньютона ты не допоял, что-то пропустил.

Гёте сравнивает ньютонову теорию цветов со старой крепостью, которую основатель ее заложил «с юношеской поспешностью», а потом-де ради сохранения чести и престижа вынужден был укреплять и защищать. То, что крепость прочна,— миф, то, что она обитаема,— заблужде-

ние, то, что она имеет какую-то ценность,— предрассудок. На самом деле это обветшалый памятник древности, запутанный архитектурный лабиринт, случайное, вымудренное нагромождение строительного материала.

Однако обиднее всего для Ньютона, если бы он мог все это слышать, были бы, конечно, не обличающие метафоры, не оскорбительные архитектурные параллели. Обиднее всего было бы для него, наверное, то, что Гёте вслед за Гуком, Линусом и другими опять-таки ставит его теорию в разряд гипотез. Гипотеза эта, по мнению Гёте, препятствует «свободному воззрению» на цветовые явления, а тот авторитет, которым она по традиции пользуется у многих людей, служит причиной, почему учение о цвете отстает от других областей естествознания.

Естественно, самое благое дело, считает Гёте,— снести грозящую обвалом крепость от крыши до основания и впустить наконец солнце в это «старое гнездо крыс и сов»

Что же это за сооружение архаичного военного зодчества? Как могло оно возникнуть? Пожалуй, так не разделялись с самыми тяжкими человеческими заблуждениями.

Занимаясь телескопами, Ньютон обратил вниманис, что изображение, получаемое с их помощью, постоянно окрашивается в различные цвета, и решил выяснить причину этого, то есть ни больше ни меньше установить природу цветов. До него многие пытались это сделать, так что о цветах накопилось большое число различных представлений, подчас самых фантастических. По поводу некоторых из них Ньютон с усмешкой говорит в «Лекциях по оптике»: «Утверждают, что цвета рождаются либо от различного смещения тени со светом, либо от вращения шаров (то есть неких круглых частиц, заполняющих все пространство.— О. М.), либо, наконец, из различных способов колебаний некоторой эфирной среды...»

Все эти рассуждения, по мнению Ньютона, «и неразумны, и смешны». Чтобы установить истинную суть дела, он предпринимает свои знаменитые опыты с призмой. Расположившись в затемненной комнате, ученый направляет на призму луч света, пробивающийся через отверстие в ставне. При этом на противоположной стене получается изображение солнца, вытянутое в поперечном направлении по отношению к призме. Почему оно вытянуто? Может быть, при-

чина кроется в каком-то изъяне стекла? Позади призмы Ньютон ставит другую, точно такую же, так, чтобы она преломляла свет в обратном направлении. Теперь изображение круглое. Значит, обе призмы воздействуют на свет одинаково, уравнивая друг друга. Значит, это воздействие закономерно и не зависит от случайной причины.

Тогда, может быть, изображение вытягивается оттого, что солнце не представляет собой светящуюся точку, а имеет заметную величину? Ньютон повторяет опыт, улавливая призмой уже не солнечные лучи, а еле брезжащий свет Венеры. Результат тот же: на стене опять продолговатый образ, на этот раз тоненькая светлая линия.

Эксперименты все усложняются, становятся с каждым разом остроумнее и изощреннее. Обычно аскетически сдержанный, не допускающий разговора о своей личности, Ньютон в связи с описанием этих опытов позволяет себе даже отметить между строк «привычное большое прилежание и любопытство испытующего», то есть свое собственное.

В конце концов он укрепляется во мнении, что луч белого света, падающий на призму, состоит из лучей различной преломляемости и что лучу какой-то одной преломляемости соответствует один и тот же цвет.

Сделав это открытие, Ньютон вместе с тем осознает и причину окраски тех предметов, которые не светятся. Эти предметы, пишет он в своем «мемуаре», «отражают свет одного рода и пропускают свет другого рода, как можно наблюдать, если освещать эти тела однородным простым светом в темной комнате».

...Работа кончена. Из многих сложных, тщательных опытов выведено небольшое число простых заключений (их в «мемуаре» тринадцать). Они-то и составили основу ньютонова учения о цветах. Как бы ни судить о нем, постройку эту никак не назовешь «вымудренной».

Как же Гёте «опроверг» открытие Ньютона? Однажды, по его словам, он решил повторить некоторые ньютоновы опыты, для чего одолжил у своего знакомого, надворного советника Бютнера, необходимые для этого призмы. Однако, отвлеченный другими делами, Гёте все никак не мог осуществить своего намерения. Полученные им призмы лежали нераспакованными. Бютнер, как и подобает «осторожному собственнику», мало-помалу стал терять терпение и требовать возврата приборов. Гёте все мешкал. На-

конец у него в доме появился посланец, имевший твердое поручение забрать призмы «хотя бы для того, чтобы владелец убедился в их существовании», после чего Гёте мог бы снова их получить. Гёте собрался было покорно выполнить требование Бютнера, как вдруг, по его словам, ему пришло в голову «наскоро» посмотреть сквозь призму на выбеленную стену. «Помня ньютонову теорию», он ожидал увидеть, что стена окрашена цветными полосами. Каково же было его удивление, когда никаких цветных полос не обнаружилось: стена все так же виделась белой, лишь там, где она граничила с чем-либо темным, например с оконной рамой, в самом деле более или менее явственно замечалась окраска.

«Мне не пришлось долго раздумывать,— говорит Гёте,— чтобы признать, что для возникновения цвета необходима граница, и словно руководимый инстинктом, я сразу высказал вслух, что ньютоново учение ложно».

Вот уже полтора десятилетия биографы великого поэта ломают голову над тем, как мог он, «помня ньютонову теорию» весьма приблизительно и неточно, с такой легкостью ее отвергнуть. Дело в том, что в «Лекциях по оптике» среди десятков других случаев Ньютон подробно разбирает и тот, с которым столкнулся Гёте. Если какой-нибудь предмет рассматривать непосредственно через призму, объясняет ученый, окрашенным в цвета спектра он представит лишь при том условии, если его видимые размеры малы, как, например, размеры Солнца, Луны или отверстия в затемненном окне. Когда же вы смотрите на нечто «пространное», допустим, на поверхность белой стены, изображения соседних ее частей, разложенные в спектр, накладываются в вашем поле зрения друг на друга, восстанавливая тем самым естественный цвет предмета. Погашение не происходит лишь там, где есть какая-либо граница, например между стеной и окном. Здесь действительно видны два-три цвета...

Итак, если бы Гёте в самом деле помнил теорию Ньютона, он бы не стал ожидать, что стена, на которую смотришь сквозь призму, представит перед глазами вся в цветных полосах.

Однако самое загадочное в другом. В том, что, даже обновив в памяти труды Ньютона, Гёте сохранил твердым свое убеждение, что ньютоново учение о цветах — «чистая бессмыслица» «карикатурное объяснение», «бесстыдная ложь»...

Вряд ли стоит искать причину всего этого в опытах, которые провел Гёте. Такие поиски ничего не дают. Правда, кое-какие второстепенные положения Ньютона он действительно опроверг. И за это надо воздать ему должное. Однако существа ньютоновой теории опровержение ничуть не коснулось.

В чем же тогда причина столь удивительной непреклонности Гёте в его борьбе против Ньютона? По-видимому, в том прежде всего, что великий физик каждым своим шагом утверждал такой подход к изучению природы, который был чужд великому поэту.

Гёте боготворил природу. «Она единственный художник, — писал он восторженно, — из простейшего вещества творит она противоположнейшие произведения, без малейшего усилия, с величайшим совершенством и на все кладет какое-то нежное покрывало... Она дает дивное зрелище; видит ли она его сама, не знаем, но она дает для нас, а мы, незамеченные, смотрим из-за угла... Зрелище ее вечно ново, ибо она непрестанно творит новых созерцателей. Каждому является она в особенном виде. Она скрывается под тысячью имен и названий, и все одна и та же. Она ввела меня в жизнь, она и уведет. Я доверяю ей. Пусть она делает со мной, что хочет...»

Человек — дитя природы. Он наделен всем необходимым — зрением, слухом, чтобы в каждый миг своей жизни ощущать ее близость, учиться понимать ее. И он учится. Проникает в тайну света, цвета, звука... А в конечном счете — в тайну великой гармонии природы.

«Цвета — деяния света, деяния и страдания... — читаем мы у Гёте. — Цвета и свет... мы должны представлять.. себе как свойственные всей природе, ибо посредством них вся она готова целиком открыться чувству зрения. Точно так же раскрывается природа и другому чувству. Закройте глаза, освободите уши, напрягите слух, и от нежнейшего дуновения до самого дикого шума, от простейшего звука до высочайшей гармонии, от самого мощного страстного крика до самых кротких слов разума — все это речь природы, которая обнаруживает свое бытие, свою силу, свою жизнь... Так говорит природа, обращаясь и к другим чувствам... Для внимательного она нигде не мертва, не нема...»

И вот этому-то целостному, вдохновенному восприятию природы метод Ньютона, метод точной науки, стремящийся разъять целое, расщепить непосредственно видимое представлял, по мнению Гёте, угрозу. Как заметил Гельм-

голыц, в утверждении Ньютона о сложном и разнообразном составе белого света, который представляется глазу самым простым и чистым из всех цветов, «наш поэт», повидимому, предчувствовал разрушение всего своего принципа, вот почему это утверждение казалось ему столь нелепым.

Гёте был убежден, что лишь «по странному стечению обстоятельств учение о цвете оказалось вовлеченным в царство математики». Это-то и породило-де всяческие недоразумения: ведь как бы надежно ни была разработана математика сама по себе, «на почве опыта она на каждом шагу спотыкается» и ведет к заблуждению, подчас чудовищных размеров.

Однако Ньютон как математик имеет столь высокую репутацию, сетует Гёте, что его «нелепейшее заблуждение», будто «ясный, чистый, вечно неомраченный свет составлен из темных светов», сохраняется до сих пор.

Не приемлет Гёте и сложные опыты. Ошибочность ньютонова учения не удавалось-де долго разоблачить еще и потому, что в основу своей «гипотезы» он положил «сложный и производный эксперимент, к которому искусственно сводили все прочие стекающиеся явления».

Что откроешь мудреным опытом? В отместку за домогательства экспериментаторов природа еще ревнивее оберегает свои тайны. Она «немее на пытке». Как говорит Фауст,

*Природа с лика своего
Таинственный покров сорвать не позволяет
Чего твоей душе она не открывает,
Машинами у ней не выудишь того.*

Бесполезно прибегать к хитроумным приборам, если существо явления не раскрывается простому внимательному взору.

Гёте призывает вырваться «из склепа науки на вольный воздух жизни». Нелепо исследовать свет в темноте, как это делал Ньютон. Нет, изучать его надо на открытом воздухе, под сияющим солнцем.

*Друзья, избегайте темной комнаты,
Где вам искажают свет
И самым жалким образом
Склоняются пред искаженной картиной.*

И вообще лучше не мудрствовать лукаво, не теоретизировать. «Высшим было бы понять,— говорит Гёте,—

что все фактическое уже есть теория. Синева неба открывает нам основной закон хроматики. Главное — ничего не искать за феноменами; они сами — учение».

Все это хорошо, скажет читатель. Возвышенное созерцание природы, беспрекословное доверие к чувствам — для поэзии большего и не надо. Но можно ли примирить это со строгими требованиями науки? Гёте попытался на деле доказать приложимость своего принципа к научным исследованиям. Получившийся при этом метод напоминал кентавра: одна часть тела — человеческая, другая — животного...

Впрочем, в некоторых науках — а Гёте был разносторонний исследователь — он применял этот метод довольно успешно. Много лет занимался он морфологией — наукой о строении и формах растений и животных. Собственно, он и ввел самое слово «морфология», стремясь с его помощью выделить некую самостоятельную область знания, отличающуюся от химии и анатомии, которые все пытаются «уразуметь» путем разъединения целого на части. Годами он с упоением наблюдал, как развиваются цветы и травы, как образуются лепестки, цветы, плоды... И сумел-таки рассмотреть сходство между листьями и другими частями растений, проложив тем самым путь к разгадке их эволюции.

Успешными были также занятия физиологией цветного зрения. Тут Гёте подметил и привел в систему нечто на первый взгляд удивительное и необъяснимое, касающееся работы нашего глаза. Причем наблюдения, излагаемые им в «Хроматике» *, действительно навевают ощущение и поэзии, и одновременно подспудных усилий исследовательской мысли. Узнавая что-то, чего вы, быть может, до сих пор не знали или о чем не думали, вы вместе с тем как бы соприкасаетесь с полновесным куском жизни, видите все эти красочные пейзажи патриархальной еще в то время Германии, различаете живописные детали ее непритязательного быта.

Попробуйте, например, как советует Гёте, ранним утром, при пробуждении, «когда глаза особенно восприимчивы», пристально посмотреть на крест оконной рамы, на-

* Полное название упоминаемой здесь работы Гёте — «К ученик о цвете (хроматика)».

ходящейся на фоне предрассветного неба, а затем закрыть глаза и повернуться лицом к совершенно темному месту. Некоторое время у вас перед глазами будет стоять черный крест на светлом фоне.

Гёте обращает ваше внимание на странный зрительный эффект, и только. Но вы еще, быть может, видите за этим окном мощеную улицу маленького германского городка, галок на крыше готического собора, неторопливую пробуждающуюся жизнь...

Это утро. В большинстве же своем наблюдения Гёте — вечерние, сумеречные.

«Однажды, — рассказывает он, — я находился под вечер в кузнице как раз в то время, когда раскаленная масса подвигалась под молот. Я пристально посмотрел на нее, обернулся и случайно взглянул на открытый угольный сарай. Огромный пурпуровый образ предстал моим глазам...»

В другой раз поэт, путешествуя где-то, под вечер вернулся в гостиницу, и в комнату к нему вошла девушка с ослепительно белым лицом, черными волосами и в ярко-красном корсаже. «Я пристально посмотрел на нее, стоявшую в полусумраке на некотором расстоянии от меня, — говорит Гёте. — После того как она оттуда ушла, я увидел на противоположной от меня стене черное лицо, окруженное светлым сиянием, одежда же вполне ясной фигуры казалась мне прекрасного зеленого цвета морской волны»

Тут случайные встречи, случайные впечатления. А вот уже продуманный эксперимент: «Зимним вечером поставим с внутренней стороны окна белую бумажную ставню, сделаем в ней отверстие, через которое, например, можно видеть снег на соседней крыше; предположим, что на дворе еще сумерки и в комнату принесли свечу. Снег покажется через отверстие совершенно синим именно потому, что бумага ставни окрасилась благодаря свече в желтый цвет»

Эта уютная комната с тускло мерцающей свечой, зимние сумерки за окном — совсем не то, что затемненная комната Ньютона, нежилая, лишенная каких бы то ни было деталей и подробностей. Обжитой темной комнаты можно и не бояться...

Во время таких вечерних бдений как-то сами собой, без чрезмерных хлопот, без насилия над природой рождаются маленькие открытия. Маленькие, но достоверные. 19 июня 1799 года (Гёте отчетливо запомнил эту дату), когда он в сумерках позднего вечера, переходящего в ясную ночь, прогуливался взад и вперед по саду с одним

из друзей, они неожиданно заметили, что рядом с цветами восточного мака, «отличающегося от всех других своим ярко-красным цветом», виднеется что-то «пламенеподобное». Приятели остановились перед клумбами и стали внимательно смотреть на них, однако на этот раз ничего не заметили. Отправились дальше — явление снова возникло. Наконец, они поняли, что на маки нужно смотреть не прямо, а искоса, и могли вызывать у себя перед глазами полыхающий образ цветка любое число раз. Как говорят ученые, явление сделалось воспроизводимым.

Опираясь на все эти наблюдения, Гёте стремился проникнуть в тайны цветовой гармонии, твердо зафиксировать ее зыбкие законы. Он открыл, например, что когда смотришь на какой-нибудь предмет очень яркой окраски, глаз непременно требует и другую, «дополнительную»: «Желтый требует красно-синий, синий требует красно-желтый, пурпур требует зеленый, и наоборот». Тот обаятельный пламенем мак, как объяснял Гёте, в сущности, представлял собой «мнимый образ цветка в дополнительном сине-зеленом цвете...»

Эти наблюдения Гёте, несмотря на их внешнюю неприязнительность, положили начало всей физиологии цветового зрения.

Однако разгадать с помощью своего метода физическую природу цвета Гёте не удалось. Теория его, по словам Столетова, получилась «бессильной и жалкой».

Гёте утверждал, что цвета рождаются, когда свет проходит через какую-либо «мутную» среду, например через воздух или воду. При этом поэт опять-таки по своему обыкновению опирался на красочные картины природы: утренней или вечерней зарей, когда солнечный свет пробивается сквозь мгlistую дымку у горизонта, он обретает багряную окраску; далекие горы, виднеющиеся в тумане, кажутся синими...

Но не только в природе Гёте видел подтверждение своей теории. Художник реставрирует портрет человека в черном. Приступая к работе, он провел по холсту мокрой губкой и вдруг заметил с удивлением, что черная краска сделалась голубой... Когда же портрет высох, черный цвет восстановился в прежнем виде. Произошло это удивительное превращение оттого, полагает Гёте, что вода, покрывшая поверхность холста, сыграла роль мутной среды.

А как же быть с той белой стеной, рассматриваемой через призму, с которой все и началось? Как объяснить то явление цветов на границе стены и оконной рамы? Гёте и тут остается верен своему толкованию. Пропущенное через призму изображение светлой стены, говорит он, чуть тускнеет и смещается, наползая на край темной рамы. В результате это подвинутое изображение опять-таки становится той мутной средой, которая рождает голубой цвет

«Можно соглашаться с объяснениями Гёте в фигуральном смысле...— говорил по этому поводу Гельмгольц,— но как физические объяснения они не имеют никакого смысла» При рассматривании предмета через призму в самом деле замечается как бы удвоение его. Однако добавочное изображение, сдвинутое по отношению к основному, конечно же, не может играть роль мутной среды. Ибо изображение, даваемое призмой,— не более как иллюзия, геометрическое место точек, расположение которого не совпадает с реальным предметом. Тут Гёте снова хочет опереться на непосредственное впечатление вопреки истинам, давным-давно установленным «математиками».

Вообще у Гёте невозможно понять, как все-таки мутная среда рождает цвет. Он что-то говорит о чем-то «телесном» и «тенистом», сообщаемом будто бы свету этой средой, когда он проходит через нее, но все это так далеко от настоящего объяснения.

Ныне в любой популярной книжке по оптике можно прочитать, как возникает багряный цвет зари, отчего синими кажутся далекие горы. В конечном счете это объяснения на основе теории Ньютона.

Самое поразительное, что Гёте ставил свою теорию цветов выше своей поэзии. «Все, что я сделал как поэт,— говорил он в конце жизни Эккерману,— отнюдь не наполняет меня особой гордостью. Прекрасные поэты жили одновременно со мной, еще лучшие жили до меня и, конечно, будут жить после меня. Но что я в мой век являюсь единственным, кому известна правда в трудной науке о цветах,— этому я не могу не придавать значения, это дает мне сознание превосходства над многими»

Итак, теория не удалась. Читатель готов уже безоговорочно осудить поэта, который рискнул спорить с крупнейшим научным авторитетом, бросился в атаку, как

говорится, не обеспечив свои тылы. Однако есть нечто, вызывающее симпатию в этой отчаянной попытке штурмом взять крепость Ньютона, предпринятой Гёте.

Мир, окружающий нас, прекрасен. Мир природы, каким мы его видим, чувствуем, осязаем. Всякое соприкосновение с ним наполняет человека трепетным волнением. Смотрим ли мы на звездное небо, на земные зеленые холмы и луга, слышим ли шелест листьев в березовой роще или шум океанского прибоя, неизменно мы ощущаем ни с чем не сравнимую радость.

И есть другая природа. Природа, пренарированная наукой. Природа, в которой каждая звезда, каждое дерево, каждое растение, каждая пылинка расчленены на тысячи обескровленных, лишенных жизни частей...

Известный современный физик Вернер Гейзенберг писал как-то, что наука все более удаляется от непосредственно видимого, ощущаемого мира. Уже понятие монохроматического луча, то есть луча одного цвета, введенное Ньютоном, незнакомо нам в обыденной жизни, такие лучи мы нигде не видим. Еще труднее представить себе электромагнитное поле, о котором впервые заговорили Фарадей и Максвелл. Наконец, основные понятия современной науки об атоме вообще никак не связаны с тем миром, который предстает нашему прямому наблюдению.

Нельзя ли остановить этот все увеличивающийся разрыв и раскол, не удаляться от природы так далеко в мир абстракций? Нет ли способа, даже познавая природу, сблизить ее единой, нерасчлененной, чтобы сохранить живое восприятие ее? И ныне слышатся голоса, предостерегающие против чрезмерного и безоглядного ухода от живой природы, предупреждающие, что так мы в конце концов можем прийти к некоему безжизненному «пустому пространству». Некоторые люди уверены, что, раскрывая законы природы, мы всякий раз должны стремиться понять, какими следствиями оборачиваются эти законы для нашего воспринимаемого мира. Иначе познание теряет свою ценность.

Подобную же позицию по сути, защищал в свое время и Гёте.

Увы, человечество не изобрело (если даже предположить, что оно могло это сделать) лучшего способа изучения природы, чем тот, который принят в науке, начиная с времен Галилея, Ньютона и доныне. Становясь все более абстрактной, наука обретает и все большую силу. Она получает способность раскрывать внутренние, тайные свя-

зи между, казалось бы, совсем не похожими друг на друга явлениями и сводить их к одному. Разве не слились в единое целое благодаря теории Максвелла видимый свет и невидимые тепловые лучи? Разве не примкнуло позже к этому единству все богатое разнообразие радиоволн? А современная атомная физика? Разве не представляет она свойства твердых тел, химические, тепловые и другие явления в виде следствий из довольно простой системы математических аксиом? Наконец, разве на основе всего этого наука не дает человеку могучие средства для преобразования мира?

«Мы должны примириться с тем фактом, что в наше время необходимо до конца следовать по раз избранному пути» — к такому выводу приходит Гейзенберг. Он сравнивает естествоиспытателя, покидающего непосредственно наблюдаемый мир, с альпинистом, который оставляет плодородные долины, обжитые места. Так же, как скалолаз ставит перед собой цель увидеть с вершины самой высокой горы расстилающуюся у ее подножия местность, охватить ее единым взглядом, так и ученый стремится открыть нечто, скрытое от него до поры. По мере приближения к вершине взгляду предстает все более широкий обзор, но одновременно все реже видны вокруг признаки жизни. Совсем не удивительно, что эти безжизненные места некогда считались пустыней. Вторжение в них считалось кощунством, вызовом каким-то высшим силам, возбуждало протест.

Человечество должно идти вперед и вперед по «избранному пути» познания, даже если для этого требуется пожертвовать вдохновенным наслаждением, которое вызывает вид расстилающихся по сторонам дороги ландшафтов...

Впрочем, действительно ли требуется такая жертва? Об этом, собственно мы и ведем все время разговор.

Неудача, постигшая Гёте в его атаке против Ньютона, как раз и говорит о том, что у науки нет другого пути, нежели тот, по которому шел великий физик. В только что зарождавшихся науках, какими были тогда морфология или физиология зрения, милый сердцу Гёте подход, основанный на непосредственных наблюдениях, конечно, мог принести некоторые результаты. И они были получены. Однако в физике, у которой пеленочный возраст уже тогда остался далеко позади, этот подход оказался явно непригоден.

Причем он скомпрометировал себя задолго до Гёте «Учившие о цветах до сих пор делали это . только на словах...— сетовал Ньютон.— То, что передавалось о цветах перипатетиками, если и верно, то не имеет никакого значения для нашей цели, ибо они не касались ни способа, коим цвета возникают, ни причин их разнообразия»

По существу, Гёте примкнул к перипатетикам, то есть к последователям Аристотеля. Он также «учил о цвете» «только на словах», так что ни причины, ни способ возникновения цвета не становились после такого учения сколько-нибудь ясны.

Любой человек, «жадный до естественной науки», говорил Ньютон, должен сначала «выучиться геометрии», чтобы не делать исследовательскую работу «превратным методом». Вместо того чтобы прибегать к домыслам, такой человек должен «укреплять науку о природе высшими доказательствами».

Гёте не воспринял этот призыв Ньютона. По словам Макса Борна, он, по-видимому, питал отвращение к миру физики, который казался ему холодным и мертвым. Этот мир представляется таким всякому, кто хотел бы познать живую природу, постичь ее связи и гармонии и в благоговейном восторге созерцать ее величие. «Для современного читателя, который имеет возможность обозреть развитие точных методов за последующее столетие и определить достоинство и значение естественнонаучных работ Гёте по их результатам, эти работы предстанут как свидетельства богатого воображением ума, как выражение удивительного чувства проникновения в связи природы, но физические положения, содержащиеся в его работах, покажутся такому читателю чистыми заблуждениями и бесполезными выпадами, направленными против более могущественной силы, победа которой была predetermined уже в то время»

Увлечшись рассказом о споре Гёте с Ньютоном, мы несколько позабыли о самом Ньюtone. Между тем остался не до конца еще выясненным один важный для нашей книги вопрос. Действительно ли Ньютон, этот человек «с счастливой организацией и ровным темпераментом, без страстей, без желаний», был равнодушен к красоте мироздания, к тому, что Коперник, Кеплер, Галилей называли его совершенством?

Нет, ощущение гармонии окружающего мира не было ему чуждо. В своих сочинениях Ньютон восхищается тем «искусством», с каким устроены тела животных, любит-ся «изящнейшим соединением Солнца, планет и комет»... Грядущим поколениям ученых он завещает задуматься, «почему природа не делает ничего понапрасну, и откуда истекают весь порядок и красота, которые мы видим в мире».

Однако, в чем особая черта Ньютона, нигде эти восторги, эти чувства не вплетены у него в строгую ткань научных рассуждений, нигде они не становятся аргументами. В этих рассуждениях только факты и логика, факты и логика.

Впрочем, пожалуй, он сделал однажды нечто, похожее на эстетический выбор. Определяя длину участков спектра, занимаемых различными цветами, Ньютон предположил, что эти участки делят спектр в такой же пропорции, как делится струна интервалами музыкальной гаммы в пределах октавы.

В спектре, мы знаем, нет четких границ между цветами. Его можно разделить так, можно эдак. Ньютон и в самом деле сначала выделяет пять «наиболее заметных» цветов — красный, желтый, зеленый, синий и «пурпурный», то есть фиолетовый, как мы его сейчас называем. Затем «для более изящного разделения» он берет еще два цвета — лимонный, между красным и желтым, и индиго, между синим и фиолетовым. Причем он не скрывает своей цели. Он хочет проверить, будет ли такое деление подобно делению струны. Его надежды как будто оправдываются: по расчетам Ньютона, совпадение «довольно хорошее».

«Я считаю приведенное распределение лучшим не только потому, что оно лучше всего соответствует явлениям,— удовлетворенно говорит ученый,— но потому, что, может быть, оно содержит нечто от гармонии цветов ...подобной, может быть, созвучию тонов». Правда, сам Ньютон, по его словам, «не имеет достаточно определенного суждения», что это такое — гармония цветов, но художникам она должна быть известна. «Поэтому,— продолжает Ньютон,— правдоподобным кажется сходство между крайним пурпуром и краснотой, концами цветов, и между концами октавы, каковая может почитаться унисоном».

Не правда ли, идея заманчива? Из хаоса первоначальных звуков человек выделил музыкальную гамму, вырвал ее

у природы. Хаос утратил свое всемогущество и всевластие. Вместе с шедеврами музыки родилась гармония. Здесь же, в мире красок, сама природа позаботилась о гамме, подарив человеку цветовой спектр... Не только красный и фиолетовый похожи на до и си, но, быть может, и весь цветовой ряд — красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый, как принято сейчас называть основные цвета спектра, — соответствует музыкальному ряду — до, ре, ми, фа, соль, ля, си. Музыку можно записывать красками, а рисовать картины — как сочинять музыку...

Будь на месте Ньютона Кеплер, он непременно воскликнул бы «Эврика!» Он засел бы за расчеты, чтобы вновь и вновь перепроверить их, чтобы как можно скорее оповестить мир о своем открытии.

Ньютон не таков. Изложив свою идею, рассказав о ее проверке, он замечает флегматично: впрочем-де, сходство между цветовым и музыкальным рядами не строгое. Оно достаточно лишь для некоторых грубых практических вычислений. Искать же точного подтверждения выдвинутой им гипотезы, говорит Ньютон, «значило бы, помимо скучных расчетов, удовлетворять пустое любопытство».

И все-таки Ньютон всю жизнь упрямо держался за идею о сходстве цвета и музыкальных тонов. Впервые она встречается в «Лекциях по оптике», читанных им в 1669—1671 годах, вновь появляется через тридцать с лишним лет в «Оптике» и повторяется во всех изданиях этой книги, вышедших при жизни Ньютона. Правда, в «Оптике» ученый уже умалчивает, что на эту идею натолкнула его гармония. Еще бы! Сказано ведь: «Hypotheses non fingo».

Спустя четыре года после того, как Ньютон опубликовал результаты своих опытов, льежский физик Люкас прислал в Лондонское королевское общество письмо, где сообщал, что он повторил эти эксперименты. У Ньютона при одних и тех же условиях опыта, с призмой одной и той же формы всегда получалось, что длина спектра в пять раз больше ширины. Потому-то он и считал спектр чем-то постоянным, наподобие октавы. Люкас же получил другое отношение длины к ширине: три — три с половиной.

Сейчас мы хорошо знаем, что и общая длина спектра, и протяженность участков, занимаемых в нем отдельными цветами, зависят от вещества, из которого сделана призма. Этим, по-видимому, и объяснялась разница в опытах Ньютона и Люкаса: их призмы скорее всего были из разного стекла.

Однако Ньютон отнес обнаружившуюся разницу на счет недостаточной аккуратности Люкаса и небольшого отличия формы его призмы от применяемой им, Ньютоном. «Я твердо убежден в верности и точности моих наблюдений», — повторял он непреклонно.

Как же могло это случиться? Как мог Ньютон, которому в тщательности и точности не было среди экспериментаторов равных, не заметить того, что, казалось бы, лежит на поверхности? Ведь чтобы убедиться, не влияет ли вещество призмы на преломление, он специально проводил опыты с призмой, наполненной водой. Биографы ученого недоуменно разводят руками. Одни ссылаются на роковое стечение обстоятельств: к воде, которую использовал Ньютон, он для прозрачности, по-видимому, добавлял свинцового сахара, так что плотность ее увеличивалась, а с нею и коэффициент преломления. Другие видят причину в том, что Ньютон вообще, а в особенности после памятных снов с Гуком довольно болезненно принимал критику и имел склонность во что бы то ни стало отстаивать свои идеи и полученные им в опытах результаты.

Академик же Вавилов полагает, что всему виной гипноз аналогии между цветом и музыкальными тонами, который довлел над Ньютоном. Если это в самом деле так, тогда, казалось бы, невинное, навязанное эстетикой сравнение предстает перед нами в ином свете — на фоне довольно тяжелых последствий. Будучи уверенным, что преломление света не зависит от преломляющего вещества, Ньютон ошибочно заключил, что невозможно создать линзы и вообще оптические приборы, у которых не было бы цветовых искажений. А ведь вспомните: с размышлений о том, как этого добиться, и начинаются ньютоновские «Лекции по оптике».

Вопреки предсказанию Ньютона приборы без цветовых искажений были построены довольно скоро, хотя сам он и не дожил до этого. Окончательно сделалось ясно, что стекла разных сортов по-разному преломляют свет. Ни о каких пропорциях между отдельными участками спектра не могло быть и речи. Музыкально-оптическая аналогия распалась сама собой.

Но в одном Ньютон оказался прав: сходство между «концами цветов» и «концами октав» действительно существует. Со временем выяснилось, что у лучей крайнего в спектре красного цвета длина волны приблизительно вдвое больше, чем у крайнего фиолетового, — спектр в самом деле занимает примерно одну «октаву».



Когда собираешься писать книгу, обычно обсуждаешь замысел с разными людьми, кого она может заинтересовать, после показываешь им готовые куски, выслушиваешь советы. Так было и с главами этой книги — в первоначальном виде я давал их читать знакомым физикам, астрономам, историкам науки. И вдруг в какой-то момент осознал: как раз замысел книги и остается непонятым многим из читающих рукопись. Им казалось, что речь идет о принципе симметрии в природе — где именно он воплощен и как ум человеческий совершает восхождение к постижению этого принципа. Одним словом, крен делался в сторону физической реальности. На самом же деле меня интересовала не физика, а психология. Психология исследователя. Какое место в его работе занимает идеал красоты. Пришлось переписывать и переделывать, изымать одни главы и вставлять другие. Как же иначе: если двое трое не понимают замысел автора, он и для многих читателей может остаться за семью печатями.

Вообще читательское восприятие — загадка. У меня были случаи, когда на статьи в защиту природы я получал письма с упреками, будто я призываю к ее разрушению; бывало, выступал против суеверий, а меня обвиняли, что я их распространяю...

Впрочем, это, конечно, крайности, так сказать, боковые ветви кривой нормального распределения мнений, в целом же, если реакция читателя не такова, какую ожидаешь,— значит, вини себя, сам где-то допустил какой-то просчет.

Возвращаясь к психологии, к субъективному представлению о красоте — а оно, конечно, в большой мере субъективно,— можно сказать, что есть область науки, где эти представления весьма развиты и в большом почете. Эта область — математика. Попытки дать читателю понятие о том, что есть математическая красота, с давних пор предпринимаются многими. В частности, такая попытка содержится в популярной книжке американского физика Нормана Кэмпбелла «Что такое наука?»...

...В популярной книжке американского физика Нормана Кэмпбелла «Что такое наука?», вышедшей в 1921 году, есть место, посвященное красоте математических выводов. Кэмпбелл пишет, что, к сожалению, очень трудно, да, пожалуй, даже невозможно объяснить неискушенному читателю, в чем заключена эта красота. Я не могу, говорит он, растолковать вам, что означают выражения «элегантные аргументы», «изящные результаты». Чтобы постичь красоту формул, надо быть математиком. Математик смотрит на страницу, покрытую значками, которые для кого-то другого представляются загадочными письменами инков, и мгновенно оценивает, удовлетворяют ли аргументы, выраженные этими значками, его чувству формы, красивы ли они.

Впрочем, иногда, добавляет Кэмпбелл, красоту формул можно продемонстрировать довольно просто, так что постичь ее будет способен даже неискушенный человек. Представьте себе, что вы случайно нашли страничку, на которой написано следующее:

$$\begin{aligned} i &= \frac{d\gamma}{dy} - \frac{d\beta}{dz}; & \frac{dX}{dt} &= \frac{d\gamma}{dy} - \frac{d\beta}{dz}; \\ j &= \frac{d\alpha}{dz} - \frac{d\gamma}{dx}; & \frac{dY}{dt} &= \frac{d\alpha}{dz} - \frac{d\gamma}{dx}; \\ k &= \frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy}; & \frac{dZ}{dt} &= \frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy}. \\ \frac{d\alpha}{dt} &= \frac{dY}{dz} - \frac{dZ}{dy}; & \frac{d\alpha}{dt} &= \frac{dY}{dz} - \frac{dZ}{dy}, \end{aligned}$$

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{dZ}{dx} - \frac{dX}{dz}; \quad \frac{d\beta}{dt} = \frac{dZ}{dx} - \frac{dX}{dz},$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{dX}{dy} - \frac{dY}{dx}, \quad \frac{d\gamma}{dt} = \frac{dX}{dy} - \frac{dY}{dx}$$

Я думаю, говорит Кэмпбелл, хотя вам и не понятен смысл этих математических знаков, вы все-таки заметите, что написанное в правой половине страницы в некотором смысле красивее, чем в левой: столбец, стоящий справа, более симметричен. Вот что на первый случай и означает математическая красота.

Эти формулы не выдуманы Кэмпбеллом. Выдумать можно было бы и поинтереснее. Они взяты им из реальной науки. Здесь выписаны с некоторыми упрощениями шесть из тридцати двух * знаменитых уравнений Максвелла, на которых, собственно говоря, основана вся современная физика и которые в свое время открыли путь к созданию радио, телеграфа, телефона... Слева уравнения записаны в первоначальном, незавершенном виде. По существу, это хорошо известные законы Био — Савара и Фарадея. Тут еще нет ничего принципиально нового. Справа же вид уравнений окончательный. Здесь и заключено новое качество, отличающее электродинамику Максвелла от электродинамики Ампера.

Уравнения слева повествуют о том, что проводник с проходящим по нему электрическим током оказывает на окружающие предметы магнитное действие. И наоборот, поднося к проводнику магнит, можно возбудить в нем ток.

Уравнения справа говорят: ток бывает не только в проводниках; помимо этого «тока проводимости», существование которого только и допускали прежде, есть еще так называемый ток смещения, возникающий в диэлектриках; «истинный» ток, проходящий по какому-либо телу, складывается из этих двух токов; магнитное поле в окружающем пространстве (заметьте, появилось новое понятие — поле) вызывается как раз «истинным», полным током; соответственно и само магнитное поле возбуждает в любом теле и ток проводимости, и ток смещения. Когда током проводимости ввиду малой его величины можно пренебречь,

* Речь здесь идет разумеется, о первоначальной записи уравнений, данной самим Максвеллом. Фактически уравнений было двенадцать, но почти все они представлялись в виде трех уравнений — входящие в них векторы разлагались на составляющие, направленные по трем осям координат

уравнения и обретают примерно такую форму, какую мы видим у Кэмбелла справа.

Этот аккуратный столбец математических знаков и подсказал Максвеллу великую идею электромагнитных волн: если в роли диэлектрика выступает пустое пространство, точнее говоря — эфир, получается своего рода цепочка: вокруг магнитных силовых линий образуются электрические, вокруг них — снова магнитные и так до бесконечности.

Одним словом, между тем, что написано у Кэмбелла в правой половине страницы, и тем, что написано слева, — пропасть. И преодолел ее Максвелл одним прыжком, как считает Кэмбелл, именно благодаря тонко развитому чувству красоты. Это чувство толкнуло его на поиск более симметричной формы уравнений. Оно же неизменно поддерживало в нем веру в их справедливость, несмотря на то что экспериментального подтверждения своей теории он так и не дождался, а большинство окружающих в лучшем случае находили ее сомнительной.

Из последователей Максвелла первым, кто обратил внимание на необычайное изящество и симметрию выведенных им уравнений, был его соотечественник Оливер Хэвисайд. Человек необычайно одаренный, своего рода «математический гений», он сделался ученым не вполне обычным путем и вообще всю свою жизнь слыл оригиналом. В университете он не учился. Сразу же после школы поступил на работу в телеграфную компанию. Когда вышел в свет максвелловский «Трактат об электричестве и магнетизме», Хэвисайд оставил службу, чтобы целиком погрузиться в изучение этого труда. Прекрасная простота уравнений Максвелла очаровала его. «Царственное достижение», «божественный Максвелл» — иных слов, чтобы выразить свой восторг, он не находил. «Это-то великое восхищение, соединенное с необычайной аналитической мощью, и составляет, возможно, главную отличительную черту творчества Хэвисайда, которое в основном было посвящено тому, чтобы распространить теорию Максвелла на бесчисленные приложения и добавить великолепия этой прекрасно обработанной жемчужине...» — так писал один из биографов Хэвисайда.

Всю жизнь Хэвисайд считал своим долгом защищать идеи Максвелла от нападок, причем помня, что лучший способ защиты — атака, был в роли адвоката энергичен

и агрессивен. Те места его работ, где он ведет полемику со своими противниками, исполнены иронии и сарказма. Например, отстаивая какой-то тезис в одной из своих статей, он замечает язвительно: это-де известно каждому, только не каждый знает, что это ему известно; такой человек подобен французу, который много лет говорил прозой, не подозревая о том.

Коллеги жаловались, правда, что сочинения Хэвисайда слишком сложны, что их трудно понять. В связи с избранием в Лондонское королевское общество — большая честь для ученого! — он должен был выступить там с докладом. Как положено, подготовленный текст заранее был послан на просмотр ученым мужам. Вскоре Хэвисайд получил уведомление, что все в порядке, доклад принят. Однако лорд Релей, подписавший уведомление как секретарь Королевского общества, добавлял от себя при этом: «Оба наших рецензента, хотя они и оценили положительно то, что смогли в Вашем докладе понять, жалуются на чрезмерную его сложность. Один из них утверждает даже, будто составленный Вами текст — самое сложное из всего, что ему когда-либо приходилось читать. Не могли бы Вы что-нибудь сделать с помощью иллюстраций или дополнительных объяснений? Иначе я опасаюсь, что никто не оценит по достоинству Вашей работы».

Хэвисайд отвечал на это невозмутимо: дескать, трудности вызваны не чем иным, как абстрактной природой рассматриваемых предметов...

...Из других примечательных подробностей жизни Хэвисайда обычно упоминают, что он не платил за газ. Это похоже на анекдот, но, по-видимому, так оно и было в действительности. Скверное снабжение газом, который использовался тогда как топливо, вызывало у него постоянное раздражение. Хозяев газовой компании Хэвисайд именвал не иначе, как «газовыми варварами»...

Кроме того — еще одно чудачество, — Хэвисайд, будучи ученым-отшельником, как говорят, ни разу не появился ни на одном научном собрании, в том числе и на заседании знаменитого Королевского общества, куда во все времена столь рьяно рвали его коллеги.

Какой бы простой и изящной ни была в первоначальном своем виде математическая форма тех или иных физических законов, в дальнейшем нередко выясняется, что ее

можно сделать еще проще, еще изящнее. Своим чередом сделалось это ясно и в отношении уравнений Максвелла Оливер Хэвисайд и Генрих Герц «расчистили» их, отсеяли лишнее, поменяли обозначения. Число уравнений сократилось. Пользуясь современным способом обозначения, страничку, о которой говорил Кэмпбелл, можно было бы переписать так:

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \frac{4\pi}{c} \mathbf{j}, \quad \operatorname{rot} \mathbf{H} = \frac{4\pi}{c} \mathbf{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t},$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}; \quad \operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}.$$

Слева изображены два исходных максвелловских уравнения. Справа стоят они же, только в окончательном виде. Магнитная и электрическая части этих окончательных уравнений, то есть части, включающие \mathbf{H} и \mathbf{E} , почти полностью равноправны. Магнитное поле создается током, включающим в себя ток проводимости \mathbf{j} и ток смещения $\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$. И обратно, электрическое поле возникает благодаря изменению магнитного поля.

Хэвисайд, однако, не остановился на этом. Он решил добиться еще большей математической красоты. Полной симметрии уравнений препятствует член $\frac{4\pi}{c} \mathbf{j}$ в первом из них. Во втором нет соответствующего члена. Стремясь исправить этот изъян, Хэвисайд ввел во второе уравнение магнитный ток проводимости, по аналогии с таким же электрическим током. Кроме того, он из всех сил стремился замаскировать разницу в знаках перед членами

$\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$ и $\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}$ (в одном случае — плюс, в другом — минус)

В конце концов у него получилась «динамически завершенная система», которую с помощью принятых ныне обозначений можно представить так:

$$\operatorname{rot} (\mathbf{H} - \mathbf{h}) = \frac{4\pi}{c} \mathbf{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t},$$

$$\operatorname{rot} (\mathbf{e} - \mathbf{E}) = \frac{4\pi}{c} \mathbf{g} + \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}.$$

Вы видите: уравнениям и в самом деле прибавилось красоты, так что красивее и вообразить уже трудно. Хэвисайд добился своего. «Допущением возможности магнитной проводимости он сделал все уравнения симметричными,— писал коллега Хэвисайда Джордж Френсис Фитцджеральд.— Каждый математик может оценить значение и изящество этого». Математики действительно могли быть довольны, однако с физической точки зрения это скорее всего был уже перебор. Сам Хэвисайд допускал, что в природе, возможно, и не существует такого феномена, как магнитный ток проводимости...

Наука с благодарностью приняла поправки и упрощения Хэвисайда, за исключением этого тока. В научный обиход уравнения Максвелла вошли без него.

С Хэвисайдом дело ясное. О том, что он стремился к симметрии, мы узнаем из его собственных сочинений. Так, в предисловии к своей «Электромагнитной теории» он прямо пишет, что еще в 1885 году прибег к «двусторонней» форме изложения этой теории, при которой электрическая и магнитная стороны электромагнетизма проявляются симметрично. В соответствие этой форме им были приведены и максвелловские уравнения. Однако что же сам Максвелл? Действительно ли и он руководствовался эстетическими критериями? Действительно ли, стремясь к красоте, сделал он свое великое теоретическое открытие — открытие тока смещения, из которого столь много вытекает следствий?

То, что дело обстояло именно так, считает не только Кэмпбелл, но и многие другие. Например, американский физик Эрик Роджерс, сравнивая «электрическое» уравнение с «магнитным», не содержащим тока смещения, и отмечая, что последнее выглядит незавершенным, портящим общую симметрию, говорит вполне определенно: «Максвелл видел этот дефект и исправил его, введя ток, который подобно привидению, распространялся вне проводника, в пространстве, ток, о котором никто и помыслить не мог до той поры, но который позже открыли экспериментально... Это добавление не было ни результатом удачной догадки, ни итогом таинственного вдохновения. Для Максвелла, который хорошо знал, какова структура развивающегося знания, установление симметрии представлялось обязательным».

Мы уже готовы поверить Кэмпбеллу и Роджерсу: да, действительно, не что иное, как отточенное чувство красоты, не что иное, как тонкое понимание законов познания (предполагающих использование инструмента симметрии), натолкнуло Максвелла на верный шаг. Беда, однако, в том, что сам Максвелл нигде, ни прямо, ни намеком, не подтверждает этой версии. Американский историк А. Борк, тщательно изучивший все научные труды Максвелла, все его опубликованные письма, свидетельства близко знавших его людей (он мог обронить какое-то слово в мимолетном разговоре), приходит как раз к такому выводу: «Нет прямого доказательства, что Максвелл ввел член с током смещения для того, чтобы улучшить симметрию уравнений электромагнитного поля. Ни в трех его статьях, ни в «Трактате» нет утверждения, которое могло бы быть так истолковано...»

Правда, продолжает А. Борк, Максвелл рассуждает о симметрии в своем «Обращении к секции математики и физики Британской ассоциации», с которым он выступил на съезде ассоциации в 1870 году, однако нужно поистине читать между строк, чтобы увидеть в этих рассуждениях нечто, относящееся к току смещения.

О симметрии упоминается в том месте «Обращения», где Максвелл шутливо поясняет, что тема его доклада — связь между физикой и математикой — в сущности, была не свободно им выбрана, а предопределена его предшественниками на посту председателя секции. Один из прежних председателей, Снотисвуд, выступая с докладом на подобном же съезде Британской ассоциации, говорил об истории математики и физики. Другой председатель, Тиндаль, на следующем съезде вел речь главным образом о границах физики. Доклад профессора Сильвестра касался природы математических наук вообще. Как раз он-то, профессор Сильвестр, и подсказал тему следующему председателю, заметив, что «для построения идеальной пирамиды не хватает еще как бы четвертой сферы, опирающейся на три остальные, соединенные друг с другом, а именно: доклада о связи обеих отраслей науки (математики и физики) и их взаимном влиянии друг на друга». «Математик любит прежде всего симметрию», — замечает по этому поводу Максвелл.

Вот, пожалуй, и все, что говорится о ней в «Обращении».

Итак, нет прямых доказательств, что Максвелл, добав-

ля к своим первоначальным уравнениям ток смещения, стремился к симметрии. Напротив, весь ход его мыслей как будто выдвигает на первый план иную причину для этой добавки. Максвелл с самого начала ставил целью создать такую теорию, которая бы «уяснила связь между покоящимся электричеством и электричеством текущим», а также «между притяжениями и индуктивными действиями в обоих состояниях». В первоначальных его уравнениях эта связь еще не выявлена: «покоящееся» и «текущее» электричество представлено в них порознь. А на индуктивное действие «покоящегося» электричества в них вообще нет намека.

В стремлении преодолеть странную разобщенность двух проявлений одного и того же феномена Максвелл все чаще обращал свой взор на диэлектрики, на изоляторы. Вероятно, интуиция ему подсказывала, что именно они помогут разгадать загадку. Что такое «покоящееся» статическое электричество? Это притяжение или отталкивание зарядов, как раз отделенных друг от друга каким-либо изолятором — стеклом, воздухом или просто пустым пространством, эфиром. С одной стороны, изолятор как будто не пропускает ток — потому он так и назван. С другой, Максвеллу было известно, «что проводимость различных веществ лишь количественно различна и что стекло и металл качественно относятся к электричеству совершенно одинаково, и несходство их вытекает лишь из чрезвычайного различия их проводимости». Возможно, сначала все помыслы Максвелла и устремились на то, чтобы перекинуть мостик между этим ничтожным током и действием зарядов друг на друга.

Позже, однако, Максвелл обратил внимание на одну особенность изоляторов — на то, что, «хотя электричество через них не течет, все же электрические действия распространяются по этим телам». Это было известно еще из опытов Фарадея: если к изолятору приложить электродвижущую силу, на его противоположных концах образуются заряды разного знака. Иными словами, как писал Максвелл, «мы имеем два независимых качества тел: одно, благодаря которому они не допускают прохождения электричества через них» (точнее, допускают, но в малой степени), «и другое, вследствие которого они позволяют электрическому действию передаваться через них без того, чтобы какой-либо электрический ток проходил через них». Размышления над этим вторым качеством диэлектриков

и навели в конце концов Максвелла на догадку, что в них под действием электродвижущей силы возникает «смещение» электричества: в каждой молекуле оно «смещается» так, что «одна сторона молекулы становится наэлектризованной положительно, а другая — отрицательно». При этом, однако, «электричество остается полностью связанным с молекулой и не переходит от одной молекулы к другой». Внутри диэлектрика нет никаких признаков электризации, ибо заряды, появляющиеся на поверхности любой молекулы, нейтрализуются зарядами соседней молекулы. И только заряды «крайних» молекул — тех, что находятся на поверхности диэлектрика, — ничем не уравниваются. По ним-то мы и узнаем, что через диэлектрик передается электрическое воздействие.

После этой удачной догадки (собственно, уже сам Фарадей подошел к ней почти вплотную) Максвелл естественным образом задумался, что произойдет, если электродвижущая сила, приложенная к диэлектрику, а вслед за ней и «смещение» электричества будут изменяться. Тут-то он и пришел к выводу, что при таком изменении возникнет ток, величина которого будет тем больше, чем быстрее меняется «смещение».

Последующий ход рассуждений Максвелла также вполне понятен. Открыв ток смещения или, по крайней мере, предположив, что он существует, Максвелл должен был включить его в уравнение магнитной индукции, чтобы отразить «два независимых качества» любого тела — способность проводить электрический ток и способность передавать электрическое воздействие «без того, чтобы какой-либо электрический ток проходил через него».

Так и появилось в максвелловских уравнениях знаменитое слагаемое с током смещения $\frac{1}{c} - \frac{\partial E}{\partial t}$. Если записать их в принятом сейчас виде, они будут выглядеть так:

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = 4\pi q; \quad \operatorname{rot} \mathbf{H} = \frac{4\pi}{c} \mathbf{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t};$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}; \quad \operatorname{div} \mathbf{H} = 0.$$

С появлением в уравнениях тока смещения были решены обе поставленные когда-то Максвеллом задачи — установлена связь между «покоящимся» и «текущим» электричеством и между «индуктивными действиями в обоих состояниях».

И все же не все до конца ясно в этой отменно логичной цепочке максвелловских рассуждений. Каким путем пришел Максвелл к идее электрического смещения, это он сам раскрывает в своих статьях. Тут гадать незачем. Отправным пунктом его пути было желание «установить связь между всеми основными явлениями в учении об электричестве», в первую очередь между статическим и динамическим электричеством. После того как Максвелл обратил внимание на передачу электрического действия через диэлектрики, логика его рассуждений почти неизбежно должна была привести к мысли о «смещении». Но не к току смещения! Тут большая разница. Во времена Максвелла током были склонны считать передвижение некоторых материальных частиц. При «смещении» же, мы видим, ничего такого не происходит. Как же преодолел Максвелл «дистанцию огромного размера» между «смещением» и током? На этот счет у него нет никаких пояснений. Мимоходом, будто это само собой разумеется и не стоит многих слов, он сообщает читателю: изменение смещения образует ток, — и, не останавливаясь, продолжает свой путь дальше.

Эта-то недоговоренность, этот логический провал и должны были породить всяческие догадки, предположения. В том числе предположение о симметрии, сыгравшей будто бы роль трамплина, с помощью которого Максвеллу удалось преодолеть пропасть. Верна ли эта догадка? Тому нет «прямых доказательств», подразумевая под доказательствами собственные признания Максвелла. А раз так, скорее подтверждается обратное — что симметрия тут ни при чем. «Представляется крайне маловероятным, чтобы Максвелл, дописав ток смещения по соображениям симметрии, ни разу, хотя бы при обсуждении уже полученных уравнений, не обратил внимание читателей на эту симметрию», — говорит один из исследователей творчества Максвелла И. Шапиро.

Тут, впрочем, надо учесть одно обстоятельство: ученые всегда очень чувствительны к тому, что «принято», и что «не принято» в их среде. Задумаемся на минуту, мог ли в те времена исследователь выдавать за аргумент красоту, симметрию, не опасаясь насмешек ученой братии. Вряд ли. Это сейчас, после фантастических откровений теории относительности и квантовой механики, сейчас, когда многие попытки решить ту или иную проблему на основе одной лишь логики оказываются тщетными, критерии эстетики

словно бы опять входят в моду. Слово «симметрия» делается популярным. Во времена же Максвелла, особенно в Англии, где над умами в полную силу довлел ньютоновский дух положительной науки, ученые, по-видимому, избегали употреблять это слово открыто.

Но быть может, где-то в интимных дневниках, в записных книжках Максвелла, в неопубликованных еще частных письмах дотошный историк сумеет его отыскать? Быть может, он сумеет обнаружить в них нечто подобное тому, что открывается нашему взору незамаскированным в работах Хэвисайда? Если бы это случилось, тогда история создания великих уравнений предстала бы перед нами в несколько ином свете. Точнее, тогда для нас сделался бы ясным ее завершающий этап.

Хотя прямые доказательства что человек поступал так, а не иначе, находятся не всегда, всегда можно прибегнуть к некоторым косвенным соображениям, чтобы оценить, насколько достоверна та или иная гипотеза, касающаяся его возможных поступков и мыслей. В данном случае стоит попытаться понять, мог ли вообще Максвелл опереться в научном исследовании на эстетику. Свойственно ли это ему было. Допускал ли, так сказать, научный стиль Максвелла такую возможность.

Есть в биографии ученого одно интересное обстоятельство, относящееся к его школьным годам. В одном из писем к отцу тринадцатилетний Джеймс сообщает как бы незначай между прочим, что он сделал из картона тетраэдр, додекаэдр и два других «эдра» (то есть правильных многогранника), названий которых он не знает. Казалось бы, ничего особенного, но вот что знаменательно: примерно с этого времени товарищи стали замечать, что Максвелл, до той поры довольно равнодушный к учебе, вдруг почувствовал к ней интерес. Будто вспышка молнии прорезала мрак рутинной премудрости «Его фантазия, подобно фантазии древних греческих геометров, — пишет Льюис Кэмпбелл, — была захвачена этими образцами совершенной симметрии» Красота натолкнула на путь познания. Снова, в который уже раз в истории..

Кажется, наконец мы нашли нужное нам свидетельство. Разве странным будет предположить, что ребенок, почувствовавший однажды столь сильное восхищение симметрией, на всю жизнь сохранил преклонение перед нею?

Не случайно ведь Максвелл долгие годы берег эти картонные многогранники, так что даже много времени спустя после его кончины их можно было видеть в Кавендишской лаборатории. Однако почти в тот же момент, когда будущий ученый открыл для себя чудо симметрии, у него появилось еще одно увлечение — поэзия. Писание стихов перестало для него быть обычным школярским упражнением, сделалось на всю жизнь сильнейшей страстью. Красота, раскрываемая искусством, вступила в соперничество с красотой геометрических форм, постигаемой наукой, и надо полагать, в конце концов одержала над ней верх.

Откуда следует такое заключение? Хотя бы из того обстоятельства, что, когда бы ни упоминал Максвелл в зрелом возрасте о симметрии, он всегда делал это как бы несколько иронически и обязательно подчеркивал, что восхищение ею — удел чистого математика, себя же он не относил к таковым. Нам уже попадалась на глаза эта фраза из «Обращения к секции математики и физики Британской ассоциации»: «Математик любит прежде всего симметрию», и дальше шутливое объяснение того, как симметрия подсказала ему, Максвеллу, тему для выступления. Еще остроумнее пассаж о симметрии в максвелловской лекции «О телефоне», произнесенной им в 1878 году. «Великая красота изобретения профессора Белла, — говорил тогда Максвелл, — заключается в том, что аппараты на обоих концах совершенно одинаковы... Совершенная симметрия всего устройства — провод посередине, два телефона на концах провода и два болтуна на концах телефонов — может пленить чистого математика, но она не удовлетворит эволюциониста сенсеровского типа, который полагает, что любой организм, у которого оба конца одинаковы, будь то амфисбена, терьер м-ра Брайта или телефон м-ра Белла, есть организм очень низкого типа...»

Наконец, в одном из эссе, написанном им для студенческого кембриджского клуба, Максвелл напрямую сопоставляет геометрическую красоту с красотой, создаваемой искусством. Начинает он с обычной своей мысли, что вот где математик легко приходит в восторг, созерцая эллипс. Однако, продолжает Максвелл, все вещи полны эллипсов, а между тем не каждой из них мы восхищаемся. В то же время нас постоянно очаровывает природа, лишенная какой бы то ни было геометрической красоты. В чем тут дело? «Реки и холмы, — пишет Максвелл, — не обладают... симметрией; удовольствие, которое доставляет нам их форма,

связано с предчувствием, что она соответствует формам текущей и нагроможденной материи; когда такие объекты изображаются искусством, они обретают дополнительную красоту как язык природы, понятый человеком...»

Итак, симметрия прекрасна. Но природа, лишенная какой бы то ни было симметрии, еще прекраснее, ибо в ней зоркий глаз художника (и ученого!) предугадывает скрытую красоту первооснов всего сущего, первооснов материи. Таково, по-видимому, кредо Максвелла.

В максвелловском «Обращении к секции физики и математики Британской ассоциации» мы находим знаменательные слова о том, что встречаются три типа ученых «физико-математического» склада. «Есть люди,— говорит Максвелл,— которые могут полностью понять любое, выраженное в символической форме сложное соотношение или закон как соотношение между абстрактными величинами. Такие люди иногда равнодушны к дальнейшему утверждению, что в природе действительно существуют величины, удовлетворяющие этим соотношениям. Мысленная картина конкретной реальности скорее мешает, чем помогает их рассуждениям...

Другие получают большее удовлетворение, следя за геометрическими формами, которые они чертят на бумаге или строят в пустом пространстве перед собой.

Иные же не удовлетворяются до тех пор, пока не перенесутся в созданную ими обстановку со всеми своими физическими силами. Они узнают, с какой скоростью проносится в пространстве планета, и испытывают от этого чувство восхитительного возбуждения. Они вычисляют силы, с которыми притягивают друг друга небесные тела, и чувствуют, как напрягаются от усилия их собственные мышцы. Для этих людей слова «момент», «энергия», «масса» не являются просто абстрактным выражением результатов научного исследования. Эти слова имеют для них глубокое значение и волнуют их душу, как воспоминания детства»

Сам Максвелл был ученым как раз этого третьего типа. Его волновали не столько абстрактные математические символы, сколько те материальные понятия, которые стоят за ними. Так уж был устроен его мозг, что он переживал «чувство восхитительного возбуждения», лишь когда раскрывал для себя очертания физической реальности. При чем он мог изучать с одинаковым интересом что угодно —

молекулярное строение тел и строение колец Сатурна, законы цветового зрения и законы падения конек (загадка: почему, падая, они непременно становятся на лапы?). Истина привлекала его сама по себе, независимо от того, была ли она красивой или нет. Впрочем, возможно, она казалась ему красивой всегда. Ведь то была истина. В данном случае слова «всегда» и «никогда» равнозначны. Просто Максвелл, по-видимому, не пользовался специально критериями эстетики, когда выбирал среди вариантов предполагаемой истины. Он выбирал не более красивый, а более верный вариант, ибо, как сказал о нем один из друзей, он органически был не способен думать о физике неверно.

Точно так же и метод Максвелла никогда не блистал внешним изяществом и отделкой. Мальчиком, когда он пошел в школу, отец собственноручно сшил для него своеобразное одеяние из грубого серого твида. Он же изготовил сыну самодельные башмаки с квадратными носками и огромными медными пряжками. Выглядел весь этот наряд дико, но зато своему функциональному назначению — укрывать от дождя и холода — отвечал гораздо лучше, чем тоненькие, в обтяжку костюмчики сверстников Джеймса. Метод Максвелла можно сравнить с этой грубой, но практичной одеждой и обувью. Принцип здесь такой же: для Максвелла не важно, как выглядит метод, важно только, чтобы он «работал».

Тогда, в детстве, одноклассники юного Джеймса были шокированы его экстравагантным видом. Он вернувшись домой побитым, в изодранной одежде. Точно так же много лет спустя коллеги Максвелла приходили в ужас, видя, как своеобразно он понимает правила математических манипуляций — произвольно выбрасывает из уравнений одни члены и вставляет другие.

Излюбленный прием Максвелла — придумывание мысленных механических моделей. Чтобы воочию представить какое-то неизвестное явление, он всякий раз воображал некий простой механизм, принцип действия которого вполне ясен, и с помощью этого механизма выводил интересующие его количественные закономерности. Так, магнитные силовые линии он изображал сначала в виде трубок с изменяющимся диаметром, по которым текла некая несжимаемая жидкость. Позже, когда эта модель перестала его устраивать (с ее помощью не удавалось представить, как возникает ток при изменении магнитного поля), он заменил трубки вихрями, а по сути — вращающимися цилиндрами,

оси которых совпадали с направлением силовых линий. Чем больше скорость вращения, тем сильнее магнитное действие. Между цилиндрами Максвелл поместил маленькие шарики — частицы электричества. Получилась завершенная модель электромагнитного поля. Шарики и цилиндры сцеплены друг с другом, подобно шестеренкам. Если два соседних цилиндра вращаются с неизменной, одинаковой скоростью, шарик, зажатый между ними, также вращается, причем его центр все время остается на месте. Но вот один из цилиндров стал вращаться быстрее или медленнее (магнитное поле изменилось). Шарик тут же обретает поступательное движение — перекачивается поперек оси цилиндра. То же происходит и с другими шариками. Возникает ток. Так иллюстрируется великое открытие Фарадея — появление тока при изменении магнитных сил.

Столь же ясно демонстрировала модель и обратное — что электрическому току непременно сопутствует магнитное поле. Представьте, что ни поля, ни тока нет. При этом и цилиндры и шарики неподвижны. Затем под действием каких-то внешних причин возникает ток — шарики приходят в движение. Соприкасающиеся с ними цилиндры, естественно, начнут вращаться, что будет означать рождение магнитного поля.

Конечно, Максвелл и думать не думал, что в действительности непременно происходят все эти вращения и перемещения. Как и всегда в таких случаях, модель была ценна для него тем, что хотя бы некоторыми, существенными своими свойствами совпадала с реальностью, служила ее иллюстрацией.

Но какова все-таки модель! Что это, как не самодельное одеяние из грубого твида? Добротное, практичное, исправно служащее своему назначению, но начисто лишенное красоты и изящества, напротив, скорее, оскорбляющее эстетическое чувство. Ибо кто же мог допустить, что тончайший, неуловимый и неосязаемый эфир хотя бы отдаленно напоминает механическую фабрику? «Система его была странна и малопривлекательна... — писал о максвелловской модели Анри Пуанкаре, — можно было подумать, что читаешь описание завода с целой системой зубчатых колес, рычагами, передающими движение и сгибающимися от усилия центробежными регуляторами и передаточными ремнями».

Самого Максвелла плебейская грубость, неизящество построенной им модели ничуть не смущали, хотя он не мог не видеть этих ее качеств. Точнее сказать, он не мог не до-

гадываться, что она шокирует его коллег. Но его собственное эстетическое чувство вряд ли было смущено и потревожено. Мы ведь помним: Максвелла привлекало и волновало в физике не изящество, а нечто совсем другое. «Восхитительное возбуждение» он испытывал не от внешней красоты постигаемого явления и не от красоты формул, а от сознания, что за абстрактными теоретическими понятиями и математическими символами стоят реальные, осязаемые вещи. Придуманная им модель, с ее грубой, зримой материальностью вполне отвечала этому идеалу.

Так или иначе, все эти шарики и цилиндры Максвелл отбросил не раньше, чем «выжал» из них все, что они могли дать. Первоначально он обратился к ним, чтобы проиллюстрировать открытие Фарадея — показать наглядно, как при изменении магнитных сил могут возникать силы электрические. Однако модель повела его дальше. Когда, пытаясь объяснить обнаруженное Фарадеем распространение «электрических действий» через диэлектрики, Максвелл наделил магнитные вихри, магнитные цилиндры свойством упругости, модель подсказала: упругость приводит к «смещению» электричества; подобно тому как при обычной механической упругости мелкие частицы тела под действием приложенной силы сдвигаются со своего места и теряют прежнюю форму, чтобы после, когда действие силы прекратится, вернуться к первоначальному состоянию, подобно этому и в диэлектрике, к которому приложена электродвижущая сила, происходит некоторая упругая деформация магнитной среды.

Генрих Герц говорил позже об уравнениях Максвелла: «Трудно избавиться от чувства, что эти математические формулы живут собственной жизнью и обладают собственным разумом, что они мудрее нас, мудрее даже самого автора и что они дают нам больше, чем в свое время было в них заложено». То же самое можно было бы сказать и о максвелловской шестеренчатой модели: она оказалась «умнее», чем ожидалось, она одарила своего создателя, а вместе с ним и всех нас щедрее, чем можно было предположить. Модель привела Максвелла, говоря словами Пуанкаре, «к величайшим открытиям» — приблизила его вплотную к идее тока смещения.

Вряд ли Максвелл заботился о красоте своих уравнений. Он и не выписал их даже где-то в одном месте, не выделил из двенадцати главные, не поставил их, как говорят

журналисты, «на ударную позицию», чтобы выгадали они в глазах читателя, заблестели, заиграли красками, не подчеркнул их значения весомыми словами комментария.

Ладно бы еще он не видел возможности для такого акцентирования и редактирования. Нет, все свидетельствует, что значительную часть работы, которую потом взяли на себя Хэвисайд и Герц, он мог бы проделать сам. Недаром же в «Трактате», завершив вывод уравнений, Максвелл вскользь замечает, что-де они «могут быть скомбинированы так, чтобы исключить некоторые из... величин». «Но нашей задачей в данный момент,— добавляет он,— не является достижение компактности в математических формулах, так как мы стремимся выразить любое отношение, о котором мы что-либо знаем. В этой стадии нашего исследования устранение величины, выражающей полезную идею, скорее было бы потерей, чем выигрышем».

Тут, в только что приведенных словах — весь Максвелл. Многие на его месте не преминули бы после многих трудов затратить еще некоторую толику усилий, чтобы представить полученные результаты в более простой, отточенной, в более элегантной форме. Никто не посмел бы упрекнуть их за это. Напротив, еще выше превознесли бы, воздали им еще бóльшую хвалу. Но главное, быть может, в том, что сами они при этом получили бы гораздо большее удовлетворение, испытав радость, подобную радости художника. Максвелл поступает иначе. В эту пеленочную пору науки об электричестве он больше озабочен другим: как бы при отделке и шлифовке уравнений «в стружку» не ушло что-то ценное, истинное значение чего сделается видным позднее. Он понимает: то, что он делает, скорее труд сеятеля, чем сборщика урожая. И не скупится, щедрой рукой разбрасывает семена. А уж всходами воспользуются грядущие поколения ученых.

Кажется, все ясно, и говорить больше не о чем: то, что Максвелл ввел ток смещения, стремясь сделать уравнения более симметричными, не что иное, как красивая легенда. Симметрия тут ни при чем. Но не будем торопиться с этим заключением. Вернемся снова на ту тропинку, ступая по которой, Максвелл пришел к своему открытию. Попробуем еще раз воспроизвести самые последние, решающие его шаги.

Мы видели, что модель, которую использовал Максвелл, подвела его вплотную к идее тока смещения. Однако подсказала ли она ему эту идею? Вот вопрос.

Как происходит электрическое смещение, хорошо видно на модели. Когда к диэлектрику прикладывается электродвижущая сила, частицы электричества в нем как бы порываются сдвинуться, но, встречая сопротивление упругой магнитной среды, остаются на своих местах. По телу диэлектрика как бы проходит волна. А что, если силу непрерывно менять? Очевидно, поток волн также сделается непрерывным. Будет ли он равнозначен электрическому току? Трудно это сказать, тем паче, что вообще неизвестно, что такое ток. Механическая модель не отвечает на заданный ей вопрос...

И все-таки Максвелл говорит вполне уверенно: да, при изменении смещения возникает ток. Откуда берется такая уверенность? Вряд ли она случайна. Можно предположить, что была она навеяна твердым убеждением: с диэлектриком, на который действует электродвижущая сила, происходит что-то подобное происходящему с проводником, который подвержен действию магнита. Возникла идея об этой аналогии, по-видимому, в тот момент, когда Максвелл увидел сходство между электрической и магнитной поляризацией. «Электродвижущая сила, действующая на диэлектрик,— высказал он догадку,— порождает состояние его частей, аналогичное по своему характеру поляризации частиц железа под влиянием магнита». Собственно, электрическая поляризация частиц диэлектрика — это и есть смещение, выраженное уже не на языке механики, а на более для него подходящем «электромагнитном» языке. Механическая модель оставлена. Зато новая аналогия — между диэлектриком и магнитом — заработала в полную силу. Если есть сходство в неизменном, статическом состоянии (сходство в картине поляризации), почему бы ему не быть в состоянии меняющемся (в картине индукции)? Фарадей открыл, что изменение магнитного поля порождает в проводнике ток. Подобно этому изменение электродвижущей силы, действующей на диэлектрик, должно создавать магнитное поле.

Но ведь это не просто аналогия. Это симметрия. Перемены в магнетизме вызывают электричество, перемены в электричестве — магнетизм. Сегодня, когда открытие Максвелла общепризнанно, каждый считает своим долгом отметить эту симметрию. Но может быть, она-то и была истин

ной причиной открытия? Не математическая симметрия уравнений — стремление к ней вряд ли было свойственно Максвеллу, — но симметрия физических явлений, симметрия электричества и магнетизма. Трудно вообразить, чтобы мысль о такой симметрии не пришла ему в голову, после того как он увидел сходство между электрической и магнитной поляризацией.

Теперь оставалось сделать последний шаг — ответить на вопрос, можно ли считать электрическим током тот непрерывный поток изменения поляризации частиц — изменения электрического смещения, который передается от одного конца диэлектрика к другому, когда на него действует электродвижущая сила? Утвердительный ответ тут должен был казаться естественным. Да, это ток. Ведь магнитное поле (связанное с электричеством) образуется непременно вокруг какого-то тока, прежде считалось — лишь вокруг проводников, по которым он течет.

Так изолятор и сделался «проводником». Проводником особого тока — тока смещения.

Мы видим, легенду о Максвелле нельзя полностью считать легендой. Нельзя ей отказать хотя бы в ростках истины. Бросая взгляд на жизнь ученого, на склад его характера, на способ научного мышления, трудно допустить, чтобы он мог строить свою теорию на основании эстетических идеалов. Это не было ему свойственно. И то, что историки не могут отыскать каких-либо доказательств этому, не удивительно. Он обладал тонко чувствующей поэтической душой, но науку ставил отдельно от поэзии. И все же, когда мы пытаемся разрешить загадку, что толкнуло Максвелла на решающий шаг, что подсказало ему идею тока смещения, обстоятельства дела подсказывают нам вполне вероятный ответ: симметрия. Симметрия между электричеством и магнетизмом. То, что Максвелл заметил ее, и могло быть тем озарением, без которого, как говорят, не обходится ни одно великое открытие.

Сам Максвелл, может быть, и не относился к этой симметрии, как к проявлению удивительной красоты природы, как к свидетельству удивительной гармонии, в ней царящей. Во всяком случае, он умалчивает о том. Однако в дальнейшем многие физики остро чувствовали эту красоту и во всеуслышание о ней говорили.



*Наука — дело коллективное, говорят мне, а вы концентрируете внимание на отдельных ученых, создаете культы личности. Согласен, наука — дело коллективное; у любого исследователя, совершившего то или иное открытие, тьма предшественников и соратников, вложивших в это открытие свой труд, энергию, ум. Есть, конечно, какая-то несправедливость, когда мы упоминаем чье-то одно имя, тогда как — всякий раз — надо бы упоминать пять или десять. Собственно говоря, строгий историк так и поступает — дотошно описывает, кто именно и какой вклад внес. Передо мной же, литератором, как я себе представляю, стоит иная задача — не описывать досконально историю открытия (ее вы найдете у историков), а раскрыть некоторые **человеческие** обстоятельства, сопутствовавшие тому или иному крупному научному свершению. А как иначе и сделать это, если не через личность человека, внесшего решающий вклад.*

В свое оправдание еще скажу, что для меня, когда пишу о выдающемся ученом, его индивидуальные человеческие черты каким-то образом воплощают в себе черты многих людей — его учителей, учеников, коллег, помощников, соперников. Одним словом, у литературы, наверное, нет иного пути, как только писать о человеке. Писать о некоем

абстрактном множестве — малом ли, великом — она не может. Обезличка ей противопоставлена

Ко всему прочему, именно об исследователе, сделавшем в том или ином открытии решающий шаг, более всего удерживается подробностей в памяти поколений. О других — увы! — воспоминания распыляются и рассеиваются в пространстве. А это ведь не безразлично для литератора, который должен наполнять страницы повествования о том или ином деятеле науки его живым дыханием, рассказывать о его привычках, образе жизни. Но кто же знает, каковы были привычки и образ жизни малоизвестного физика Спотисвуда? Свидетельства такого рода если и остались где-либо, так где-то глубоко-глубоко в архивах. Между тем и о Ньюtone, и о Максвелле, и об Эйнштейне известно предостаточно достоверного. Известно, например, что Ньютон занимался не только наукой, но, как ни странно, еще и богословием, что Максвелл, олицетворяющий собой строгое научное мышление, как уже говорилось, писал стихи, а Эйнштейн играл на скрипке...

Эйнштейн играл на скрипке. Говоря об этом, как бы подчеркивают: вот-де и великому ученому не чужда была сентиментальность. Однако напрасно так говорят. Сама по себе музыка не обязательно должна быть сопряжена с сентиментами. Все зависит от композитора, от исполнителя, от слушателя...

Эйнштейн любил музыку, но не выносил чувствительных сцен, которые нередко сопровождают «музицирование»

Один из школьных товарищей Эйнштейна, Ганс Биланд, вспоминает:

«Однажды мы встретились с ним в шумном зале школьной столовой, где собирались играть сонаты Моцарта. Когда его скрипка запела, мне показалось, что расступаются стены зала, — я впервые услышал подлинного Моцарта, постиг всю эллинскую красоту и простоту его музыки — то шаловливой и грациозной, то могучей и возвышенной...»

Но вот музыка кончается. «Часто бывало, — продолжает Биланд, — что едва отзвучит последний аккорд, а Эйнштейн своей остроумной шуткой уже возвращает нас с неба на землю, намеренно нарушая очарование. Эйнштейн ненавидел сентиментальность и даже в окружении людей, легко приходящих в восторг, неизменно сохранял хладнокровие».

И в самом искусстве сентиментальность, романтика не нравились ученому. Он написал однажды: «По-моему... романтика — это своего рода незаконный прием, к которому прибегают, чтобы, не слишком утруждая себя, добиться более глубокого восприятия искусства».

Его любимым композитором был Моцарт. Любил он и Баха, но меньше. В Бахе его несколько расхолаживало «самолюбование протестантства». Гендель и Бетховен не так нравились ему. Как пишет Карл Зелиг, Бетховен был для него слишком бурным и слишком «земным»...

Есть, мне кажется, глубокая внутренняя связь между пристрастием Эйнштейна к музыке, особенно к Моцарту, и его страстью к науке.

В «Автобиографических заметках» Эйнштейн вспоминает, как однажды отец показал ему, пятилетнему ребенку, компас. То, что стрелка вела себя так определенно, поразило его. Он впервые увидел «за вещами должно быть что-то еще, глубоко скрытое».

В другой раз, семь или восемь лет спустя, ему в руки попала книжечка по евклидовой геометрии. Снова — чудо. «Там были утверждения, например, о пересечении трех высот в одной точке, — говорит Эйнштейн, — которые хотя и не были сами по себе очевидны, но могли быть доказаны с уверенностью, исключавшей как будто всякие сомнения. Эта ясность и уверенность произвела на меня неопределимое впечатление».

Скрытые от поверхностного взгляда причинные связи между вещами и удивительная, необъяснимая способность человека эти связи раскрывать — вот два самых ярких впечатления, оставшиеся у Эйнштейна от первого, робкого соприкосновения с миром науки. Они сохранились у него на всю жизнь и неизменно волновали его. Дальние отголоски этих первых впечатлений повсюду встречаются в его статьях, письмах.

Всю свою жизнь Эйнштейн стремился «понять эмпирическую закономерность как логическую необходимость». Более всего его восхищало сопутствующее научному открытию чувство, что те связи в природе, которые раскрывает исследователь, «сам бог не мог бы изменить, как не мог бы превратить число 4 в простое». В этой «логической единственности» и заключался для Эйнштейна «прометеевский элемент» научного творчества.

«Какой глубокой уверенностью в рациональном устройстве мира и какой жаждой познания даже мельчайших отблесков рациональности, проявляющейся в этом мире, должны были обладать Кеплер и Ньютон, если она позволила им затратить многие годы упорного труда на распутывание основных принципов небесной механики!» — восклицает Эйнштейн.

Уверенность в рациональном устройстве мира... В общем-то она ниоткуда не следует: априори следует ожидать всеобщего хаоса, который невозможно познать с помощью мышления. Потому-то, говорит Эйнштейн, трудно «найти выражение лучше, чем «религия», для обозначения веры в рациональную природу реальности».

Конечно, эйнштейновская «религия» — это лишь слово. Слово, которое он использует ввиду отсутствия более подходящего. На самом деле вера в рациональное устройство мира не привлекла, а оттолкнула его от религии. «Для того, кто всецело убежден в универсальности действия закона причинности, — говорил он, — идея о существовании, способном вмешиваться в ход мировых событий, абсолютно невозможна».

Привлекла же она его — к науке.

И к искусству, к Моцарту...

Музыка Моцарта — светлая, ясная, лишенная тяжелых страстей, самолюбия, тщеславия, — пожалуй, в самом деле лучше всего передает на своем языке ощущение простой и вместе с тем глубокой гармонии, царящей в мире. Эта гармония как бы возносится над вековой человеческой озабоченностью и суетой.

Выбрав Моцарта, Эйнштейн словно показал нам, какой порядок, какую «логическую единственность» он считает подходящими для природы. Мелодия течет спокойно и плавно. Вы как бы слышите тот или иной аккорд задолго до того, как он прозвучит: его пришествие предопределено общим развитием музыки, обилием повторяемых фраз, всегда, правда, чем-то различающихся между собой. Моцарт не бросает мелодию, не исчерпав ее до конца. Он поворачивает ее перед нами то одной стороной, то другой, — пока она не предстанет объемно, со всем занимаемым ею пространством, со всеми тянущимися к ней связями и лежащими мелодиями. И лишь разработав до конца этот

пласт, этот небольшой кусочек «гармонического пространства», композитор считает возможным идти дальше.

Не так ли исследователь старается разобраться как можно полнее в интересующей его области, прежде чем перейти к другой?

Да и само это обстоятельство — то, что мир поддается такому «силошному» исследованию, — не говорит ли о том, что ему в общем-то чужды «скачки», эти проявления дисгармонии? Еще в юности Эйнштейн обратил внимание на категорические слова Лейбница: «Природа не делает скачков». Правда, и в музыке и в науке скачки все-таки дают о себе знать. Что такое, как не скачки, отдельные, взятые сами по себе аккорды? А что такое кванты, предугаданные Максом Планком и открытые самим Эйнштейном? Однако это все частности. А в общем, может быть, и в самом деле природа не терпит скачков?

Но разве нельзя один и тот же кусочек мира описать по-разному? Причем так, чтобы различные описания были бы равнозначны?

Там, где прошел Моцарт, бесполезно топтаться другому композитору. Конечно, можно попробовать написать различные варианты сыгранных Моцартом мелодий. Но все они будут хуже. Моцарт — само совершенство. Совершенство уникально, единственно.

Единый порядок царит и в реальном, физическом мире, с которым имеет дело наука. Эйнштейн верил в это. Конечно, различное понимание каких-то фрагментов этого мира возможно. Но оно говорит лишь о том, что наши знания о нем неполны.

Я ставлю долгоиграющую пластинку. Моцарт. Фортепианная соната номер три си бемоль мажор. Играет Эмиль Гилельс. Невесомые быстрые звуки разносятся по комнатам, вылетают через распахнутое окно.

Гилельс играет прекрасно.

«Уже после первых тактов си бемоль мажорной сонаты внимательный слушатель буквально физически ощущает, каким огромным запасом энергии и сосредоточенности обладает пианист, как тонко он чувствует радость и скорбь моцартовской музыки... При этом его Моцарт не становится слишком сочным, земным и тяжеловесным; его пассажи сверкают, его «пианиссимо» обворожительно...» Так написано в одной из рецензий.

«Его» Моцарт. У каждого исполнителя Моцарт — свой. А как же иначе?

Те, кто слышал, как играет Эйнштейн, отмечают, что он, наоборот, стремился отрешиться от своего «я». «Эта игра кристально чиста и изысканна, — пишет встречавшийся с Эйнштейном журналист Марьянов, — но она не волнует выражением личной страсти, личного темперамента».

Конечно, по общепринятым взглядам такая безличность и бесстрастность — большой порок. Однако с точки зрения самого Эйнштейна, напротив, большое достоинство.

В молодости Эйнштейн нередко играл сонаты Моцарта вместе со своей знакомой Сюзанной Марквальдер: Эйнштейн — на скрипке, его партнерша — на фортепиано. Техника у нее, надо полагать, была похуже, чем у Гилельса. Но Эйнштейн, по ее словам, проявлял большую снисходительность: «В крайнем случае только скажет: «Ну вот, вы опять остановились, как осел на горе!» Укажет смычком на то место, с которого надо снова начать, и мы весело продолжаем».

Сюзанна Марквальдер рассказывает, как однажды, будучи у них дома, Эйнштейн услышал звуки фортепианной сонаты Моцарта, доносившиеся из дома по соседству. «Кто эта пианистка? Вы знаете ее?» Сюзанна отвечала, что это играет, кажется, учительница музыки, которая живет в мансарде. Не говоря ни слова, Эйнштейн схватил свою скрипку и, как был, без воротничка и галстука, ринулся на улицу. Напрасно его пытались удержать — он ничего не слышал... Вскоре к звукам фортепиано присоединилась и скрипка.

Как потом рассказывала перепуганная пианистка, к ней в комнату ворвался незнакомый юноша с криком: «Играйте, играйте дальше!»

Сам же Эйнштейн был очень доволен так неожиданно найденной новой партнершей. Вернувшись, он говорил с восхищением: «Да это же прелестная барышня! Я буду часто с ней играть».

Эйнштейн играл не только в домашних, но иногда и в публичных благотворительных концертах, играл вместе с профессиональными музыкантами, таким, как Артур Шнабель, Пабло Казальс. Играл даже с бельгийской королевой Елизаветой.

Однажды Эйнштейну подарили скрипку Гварнери. Но он наотрез отказался от подарка. Инструмент стоимостью пятнадцать тысяч марок — это уже собственность. А лю-

бая собственность была Эйнштейну в тягость. Всю жизнь он довольствовался лишь самым необходимым: кровать, стол, стул, книжный шкаф с несколькими книгами и несколько пачек оттисков статей - вот вся обстановка его комнаты, как ее припоминает Макс Борн

Эйнштейн остался верен своей старой, ничем не примечательной скрипке

Уверенность в рациональном устройстве мира... Жажда постичь всякую закономерность, явленную нам в опыте, как логическую необходимость... Эти два чувства неизменно воодушевляли Эйнштейна. Ему казалось чудом, что в мире царит порядок и что, следовательно, он познаваем.

«Что же здесь чудесного?» — недоумевал Морис Соловин. «Да как же! — отвечал Эйнштейн. — Мир мог бы оказаться и хаотичным. Тогда самое большее, что мы бы смогли, — упорядочить его, как упорядочивают буквы, составляя алфавит. Но в том-то все и дело, что порядок, по-видимому, свойствен самим вещам, иначе нельзя было бы объяснить успех научных теорий (Как бы вы сумели например, истолковать более чем двухвековой триумф ньютоновского закона всемирного тяготения?) И чем дальше мы продвигаемся в познании, тем удивительнее становится это чудо».

Другие, более искушенные, чем Морис Соловин, люди возражали иначе: о познании реальности говорить не приходится; единственная цель ученого — устанавливать связи между опытными фактами и на этом основании предсказывать новые явления.

Но с точки зрения Эйнштейна, это слишком примитивный идеал, не способный зажечь сильную исследовательскую страсть. Нет, он твердо уверен, что ученым движет стремление как можно полнее познать действительность, хотя и отдает себе отчет, что само выражение «познать действительность» — не очень точное. По существу, исследователь всякий раз ищет систему идей, которая позволила бы ему наиболее простым образом связать воедино наблюдаемые факты

Итак, с одной стороны — установить связь между фактами, с другой — найти систему идей, связывающую их воедино. Кажется, разница невелика. Но это только кажется. Мы еще увидим, какая пропасть в конце концов разделила

ученых, каждый из которых выбрал одну из этих двух точек зрения.

Что бы ни делал Эйнштейн как ученый, он неизменно следовал выдвинутой им программе. Прежде всего он воплотил ее в двух своих шедеврах, благодаря которым имя его и сделалось известным всему миру. Я имею в виду специальную и общую теорию относительности.

Об этих теориях написано немало. Неискушенному человеку понять их нелегко. Однако исходные их идеи довольно просты. Сначала, по словам Эйнштейна, его беспокоило, что электродинамика отдает предпочтение одному состоянию движения (движению относительно эфира) перед всеми другими, хотя каких-либо экспериментальных оснований для этого не было (эфир обнаружить не удалось). Поэтому Эйнштейн и принял предположение, что никаких особых состояний движения не существует. И вывел из этого предположения следствия. Так появилась специальная теория относительности.

Заметьте, отнюдь не жажда установить связь между разрозненными фактами двигала ученым — ее достаточно хорошо выявляла и классическая электродинамика. Нет, Эйнштейн всего-навсего стремился устранить из теории произвольное допущение или, говоря иначе, построить более простую, логически более совершенную теорию.

Но такое стремление немислимо без веры в рациональное устройство мира, без восхищения этим мировым порядком как чудом.

Приблизительно так же обстояло дело и с общей теорией относительности. На этот раз Эйнштейн обратил внимание на нелогичность ньютоновского предположения о том, что законы движения справедливы лишь для некоторых систем координат — движущихся равномерно и прямолинейно. И опять он счел лучшим принять более простой тезис: законы природы не зависят от системы координат, в которой мы их описываем.

И на этот раз ученый добился удачи

Однако в двадцатые годы возникло подозрение, что природа не вполне рациональна, по крайней мере в том смысле, как понимал рациональность Эйнштейн. Некоторые ученые, исследовавшие микромир, пришли к выводу, что в нем нет того образцового порядка, который мы привыкли встречать в макромире.

Известно, например, что период полураспада радия — тысяча шестьсот лет. Это означает, что за тысячу шестьсот лет половина атомов радия распадается на альфа-частицы и атомы радона, а половина остается целыми. Но вот что странно: можно, оказывается, вывести законы, в соответствии с которыми происходит распад атомов в целом, но вроде бы нет ни малейшей надежды предсказать, какой именно атом разрушится в ближайшие полчаса.

В конце концов физики пришли к выводу, что в микромире действуют статистические законы, имеющие силу лишь для больших скоплений частиц. В поведении же одной-единственной частицы невозможно увидеть какие-либо закономерности. Можно предсказать лишь вероятное ее поведение.

Так возникла квантовая механика.

Но этим дело не ограничилось. Энтузиасты новой теории утверждали, что вообще законы природы, все без исключения, не строгие, а статистические и что только из-за несовершенства наших приборов они нам кажутся строгими.

Это был сильнейший удар по мировоззрению Эйнштейна, по его ощущению гармонии мира. С самого начала он относился ко всем этим разговорам скептически. И сохранил такое отношение до конца жизни.

Эйнштейн считал, что мы просто не умеем как следует присмотреться к отдельным частицам и потому их поведение кажется нам беспричинным, недетерминированным. Если бы мы научились более пристально наблюдать за ними, мы увидели бы иную картину.

По словам Макса Борна (сказанным в конце сороковых годов), Эйнштейн всегда был убежден, «что наиболее глубокие законы природы причинны... что вероятность необходима только для того, чтобы прикрыть наше невежество, когда нам приходится иметь дело с большим числом частиц, и что только глубина этого невежества выдвигает статистику на передний план».

В 1922 году, незадолго до появления квантовой механики, Эйнштейн писал о том, что теоретическая физика переживает очередной кризис. Ее основы потрясены. Требуются новые идеи. Когда же они появятся? Счастлив тот, кто доживет до этого времени.

Новые идеи не заставили себя долго ждать. Три года спустя первые из них высказал Луи де Бройль. Затем новое

слово сказали Эрвин Шредингер, Вернер Гейзенберг, Макс Борн, Нильс Бор...

В октябре 1927 года в Брюсселе собрался пятый Сольвеевский конгресс, на котором все эти идеи должны были обсуждаться. Приехал и Эйнштейн. Всем не терпелось узнать, какова будет его реакция. Особенно волновался Нильс Бор. Он надеялся, что Эйнштейн примет точку зрения физиков, выдвинувших основные идеи квантовой механики. Однако надежды эти, увы, не сбылись.

Гейзенберг вспоминает, что ожесточенный спор возник в первый же день за завтраком в гостинице. Эйнштейн предложил своим коллегам некий воображаемый эксперимент, который, по его мнению, показывал противоречивость квантовой механики.

«Это был трагический момент,— рассказывал позже Нильс Бор.— Ведь если бы Эйнштейн оказался прав, то все рухнуло бы!..»

Весь день, на заседании, в перерывах, даже во время обеда, физики обсуждали эйнштейновский эксперимент «К вечеру Бор в основном закончил анализ... воображаемого эксперимента,— пишет Гейзенберг,— и за ужином изложил его Эйнштейну. Откровенно говоря, Эйнштейн не мог что-либо возразить против этого анализа...»

Эйнштейн не мог что-либо возразить. Однако он вовсе не отказался от своих взглядов. «Неужели вы в самом деле верите, что господь бог играет в кости?» — насмешливо спрашивал он своих противников, имея в виду их утверждение о статистическом характере законов природы.

4 марта 1930 года Эйнштейн написал Морису Соловину, который прислал ему сделанный им французский перевод сочинений Демокрита: «Достойна восхищения твердая убежденность Демокрита в физической причинности... Насколько мне известно, столь решительным и последовательным был только Спиноза».

В этом же году на очередном Сольвеевском конгрессе между Эйнштейном и Бором произошла еще более острая схватка. Картина повторилась: новый хитроумный эксперимент, опровергающий, по его мнению, квантовую механику, Эйнштейн выдвинул опять-таки сразу же, за завтраком, не дожидаясь начала конгресса.

И опять всех охватили тревога и волнение. Как говорил Нильс Бор, «это была страшная ситуация», возмущение

Эйнштейна «означало серьезный вызов и заставило заново продумать всю проблему».

Однако, как и три года назад, к вечеру того же дня Бор сумел доказать, что возражения Эйнштейна несостоятельны. Квантовая механика выдержала и это испытание.

Несмотря на то что аргументы Бора были убедительны, Эйнштейн все-таки остался неудовлетворен. Он упорно искал новые возражения. Три года спустя Пауль Эренфест рассказал Бору, что Эйнштейн усовершенствовал мысленный эксперимент, о котором шли споры на конгрессе 1930 года. На этот раз парадоксы делались такими острыми, что разрешить их на первый взгляд было невозможно. Однако необъяснимыми они казались лишь с точки зрения привычного, классического подхода к описанию явлений природы. А поскольку физики, говоря словами Бора, стремились теперь «навести порядок в совершенно новой области знаний», на «старые принципы» не следовало полагаться. Единственный способ доказать несостоятельность физической теории, утверждал датский ученый, — продемонстрировать, что ее следствия расходятся с опытом или что ее предсказания не исчерпывают всего, что может происходить на деле.

Ни того ни другого в возражениях Эйнштейна не было.

В 1933 году Сольвеевский конгресс проходил без участия Эйнштейна.

Наступили тяжелые времена. К власти в Германии пришел Гитлер. Эйнштейн эмигрировал в Америку, в Принстон, где стал сотрудником только что созданного Института перспективных исследований.

Незадолго перед отъездом он присутствовал в Брюсселе на лекции сотрудника Бора Леона Розенфельда.

Снова зашел разговор о квантовой механике. На этот раз у Розенфельда сложилось впечатление, что Эйнштейн больше не сомневался в логичности аргументов Бора. Правда, автор теории относительности привел один парадоксальный пример взаимодействия частиц, как его описывает квантовая механика. Однако Розенфельд понял это так, что Эйнштейн просто хочет проиллюстрировать, насколько необычны происходящие в микромире явления.

Каково же было удивление Розенфельда, когда два го-

да спустя в статье, написанной совместно с Подольским и Розеном, Эйнштейн использовал этот пример отнюдь не для демонстрации чудес квантовой механики, а для ее резкой критики.

«Это был удар грома среди ясного дня», — вспоминает Розенфельд. Бор и его коллеги в это время были заняты совсем другой работой, далекой от тех вопросов, которые обсуждались в статье. Однако, едва выслушав неприятную новость, Бор велел отложить все дела. Необычайно взволнованный, он тут же принялся диктовать Розенфельду ответ на статью Эйнштейна. Но вскоре им овладело сомнение: «Нет, так дело не пойдет. Нужно еще раз все проверить с самого начала. Мы должны сделать так, чтобы все было совершенно ясно...»

Оказалось, что аргумент Эйнштейна не так-то прост. Аргумент был довольно каверзный. Чем очевиднее становилось это, тем бóльшая тревога охватывала физиков. «Что они могут иметь в виду? Понимаешь ли ты это?» — повторял Бор растерянно.

Наконец он произнес свою излюбленную фразу: «Утро вечера мудренее», и все разошлись по домам.

Наутро Бор сразу же принялся диктовать. Розенфельда поразило, что выражения, к которым он прибегал, теперь звучали по-другому. Резкое несогласие уступило место более мягким интонациям. Как выяснилось, доводы Эйнштейна, как всегда, глубоки, но не сокрушительны. Первоначальный испуг прошел. Можно было не спеша и без особых волнений разобраться во всем и отбить очередную атаку.

Составление ответа заняло около шести недель. Он не вносил чего-либо нового в самую физику, однако отчетливее раскрывал сущность философских расхождений между Эйнштейном и Бором, между «традиционными представлениями, присущими славному, но безвозвратно ушедшему» прошлому, и новыми, исподволь созревшими идеями.

Спустя некоторое время Эйнштейн жаловался Морису Соловину: «Если во времена Маха огромный вред наносила господствовавшая тогда точка зрения догматического (вульгарного. — О. М.) материализма, то в наши дни преобладает субъективная и позитивистская точка зрения. Сторонники этой точки зрения провозглашают, что рассмотрение природы как объективной реальности — это устаревший предрассудок. Именно это ставят себе в заслугу теоретики, занимающиеся квантовой механикой. Люди

так же поддаются дрессировке, как и лошади, и в любую эпоху господствует какая-нибудь одна мода...»

Однако суть дела вовсе не в том, что в споре с Эйнштейном его противники отрицали объективную реальность, они просто понимали ее иначе. Больше того, не без оснований они посылали ему те же упреки, какие посылал он им. Леон Розенфельд писал, имея в виду Эйнштейна: «...необходимо отказаться от практики навязывания природе наших собственных предвзятых мнений о том, какими должны быть «элементы реальности», и последовать призыву Бора смиренно руководствоваться знаниями, полученными у самой природы».

Существо расхождений между Эйнштейном и Бором можно было бы передать и по-другому. Эйнштейн горячо верил в гармонию мира. Что же касается Бора, он ссылался на мудрый завет древних: «...в поисках гармонии в жизни никогда не забывать, что в драме бытия мы являемся одновременно и актерами и зрителями». Смысл этой ссылки станет ясен, если вспомнить, что, согласно утверждению квантовой механики, невозможно достичь такого описания «элементов реальности», которое было бы независимым от их взаимодействия с физическим прибором.

После случая со статьей Эйнштейна, Подольского и Розена разногласия между физиками обострились до такой степени, что, казалось, не было никакой надежды найти выход из тупика.

Стычки между Эйнштейном и Бором продолжались теперь в Принстоне, где Бор бывал насздами, сначала как гость, а затем в качестве сотрудника того же, что и Эйнштейн, Института перспективных исследований (датский ученый обладал, так сказать, правом свободного расписания). Во время одной из таких встреч они поспорили, чью сторону принял бы Спиноза, будь он их современником. Вероятно, это был единственный случай, когда прав оказался Эйнштейн: Спиноза наверняка стал бы на его точку зрения, недаром же принстонский физик считал себя последователем великого голландского философа.

Любопытно, что, несмотря на свои победы над Эйнштейном, Нильс Бор редко чувствовал себя победителем: всякий раз он искренне огорчался и был глубоко несчастен оттого, что не сумел обратить Эйнштейна в свою веру.

А. Пайс вспоминает, что однажды по приезде в Прин-

стон в 1948 году Бор зашел к нему в кабинет. Он был необычайно зол и повторял то и дело: «Я сам себе опротивел». Пайс спросил его, что случилось. Оказалось, что он был у Эйнштейна, и они, как всегда, затеяли спор о квантовой механике. И как всегда, Бор оказался не в состоянии переубедить своего противника.

«...Ни философия Бора, ни огромные успехи... квантовой механики, ни поразительная точность полученных с помощью квантовой электродинамики результатов не могли заставить Эйнштейна признать эти теории, — пишет Макс Борн. — Он не отрицал их применимость, но считал их неполными, предварительными, вспомогательными средствами, которые в будущем должны быть заменены чем-то лучшим».

Можно только догадываться, сколько сил стоила Бору эта многолетняя изнурительная борьба. Однако наука в конце концов выиграла от этого: критика Эйнштейна заставляла Бора оттачивать свои аргументы, искать новые доказательства своей правоты.

Об этом хорошо рассказал сам Бор, выступая в 1961 году в Физическом институте Академии наук СССР. Те самые выражения — «трагический момент», «страшная ситуация» — составляли лейтмотив его рассказа. Е. Л. Фейнберг, присутствовавший на этой встрече в ФИАНе, пишет: «Один за другим он (Нильс Бор. — О. М.) перебирал трудные вопросы, физические парадоксы, время от времени, на протяжении почти двух десятков лет выдвигавшиеся Эйнштейном. Каждый раз, изложив очередной парадокс Эйнштейна, Бор заново приходил в волнение, пережитое им 20—30 лет назад. Его лицо вытягивалось, мрачнело, глаза почти беспомощно устремлялись вверх, и он говорил: «Это был трагический момент. Ведь если бы Эйнштейн оказался прав, то все рухнуло бы! Но этого не произошло. Вот что недосмотрел Эйнштейн», — и Бор переходил к объяснению, его лицо добрело, расплываясь в счастливой, обаятельной улыбке. Затем следовало изложение нового парадокса, и снова: «Это была страшная ситуация...»

Как же все-таки объяснить позицию Эйнштейна? Была ли она навеяна какими-то строгими логическими доводами, которые подсказывали бы ему, что наметившийся путь ведет физику в тупик? Нет, таких доводов не было. Как человек, привыкший трезво смотреть на вещи, Эйнштейн не мог не видеть, что ничего такого, из-за чего следовало

бы кричать «караул!», на самом деле в науке не происходит. Он писал вскоре после пятого Сольвеевского конгресса — первого, где зашел спор о квантовой механике: «...рациональная наука может существовать и после отказа от строгой причинности. Более того, нельзя отрицать, что отказ привел к важным достижениям в области теоретической физики».

«Однако я должен признаться, — добавлял он, — что мой научный инстинкт восстает против подобного отказа от строгой причинности».

И ровно через двадцать лет объяснение то же самое. «Мую физическую позицию я не могу для тебя обосновать так, чтобы ты ее признал сколько-нибудь разумной, — пишет Эйнштейн Максу Борну. — Конечно, я понимаю, что принципиально статистическая точка зрения... содержит значительную долю истины. Однако я не могу в эту теорию серьезно верить.. В чем я твердо убежден, так это в том, что в конце концов останутся на теории, в которой закономерно связанными вещами будут не вероятности, а факты, как это и считалось недавно само собой разумеющимся. В обоснование этого убеждения я могу привести не логические основания, а мой мизинец, как свидетеля, то есть авторитет, который не внушает доверия за пределами моей кожи».

Инстинкт, «свидетельство мизинца» — вот на что опирался ученый в своем противостоянии напору новых идей. До этого времени инстинкт редко подводил его. А потому не было оснований ему не доверять.

Не этот ли инстинкт заставлял Эйнштейна и в музыке предпочитать Моцарта другим композиторам? В конце концов и в искусстве, и в науке, говорил он, «мы пытаемся создать разумную картину мира, в котором мы могли бы чувствовать себя как дома, и обрести ту устойчивость, которая недостижима для нас в обыденной жизни»

Разумная картина мира... Зная взгляды Эйнштейна, можно уверенно сказать, что понятие это прежде всего подразумевает картину мира, наиболее полно отражающую реальность. Вместе с тем эта картина должна рисовать мир таким, чтобы человек мог себя в нем чувствовать как дома. Не правда ли, формула противоречива? По крайней мере, внешне. С одной стороны, объективная картина, с другой — субъективное желание обрести душевную устой-

чивость. Субъективное соревнуется с объективным. Результат соревнования зависит не от кого иного, как от самого ученого, то есть от субъекта. В конце концов он вправе предпочесть объективное...

В общем-то так и бывало чаще всего с Эйнштейном. Всю жизнь он стремился стать выше «личного». Еще в раннем отрочестве, будучи «довольно скороспелым молодым человеком», Эйнштейн, по его словам, попытался «освободиться от пут «только личного», от существования, в котором господствовали желания, надежды и примитивные чувства» (хотелось бы переставить: «примитивные желания, надежды и чувства», но нет — «желания, надежды и примитивные чувства»). Он предался глубокой религиозности.

«Религиозный рай» был утрачен очень скоро благодаря чтению научно-популярных книг «Скороспелый молодой человек» увидел, что «в библейских рассказах многое не может быть верным». Этой простой истины, которая иным людям кажется малозначительной, для мальчика, стремившегося мыслить ясно, оказалось достаточно.

С религией было покончено навсегда. Однако первоначальный порыв, который обратил к ней Эйнштейна, жажда освободиться от «личного» сохранились. На этот раз они повернули его к науке. «Там, вовне, — вспоминал позже Эйнштейн, — был этот большой мир, существующий независимо от нас, людей, и стоящий перед нами как огромная вечная загадка, доступная, однако, по крайней мере отчасти, нашему восприятию и нашему разуму. Изучение этого мира манило как освобождение, и я скоро убедился, что многие из тех, кого я научился ценить и уважать, нашли свою внутреннюю свободу и уверенность, отдавшись целиком этому занятию. Мысленный охват, в рамках доступных нам возможностей, этого внеличного мира представлялся мне наполовину сознательно, наполовину бессознательно как высшая цель... Дорога к этому раю была не так удобна и завлекательна, как дорога к религиозному раю, но она казалась надежной, и я никогда не жалел, что по ней пошел».

Казалось бы, побег состоялся. Побег от «личного». И психологически Эйнштейн сумел воспитать себя так, что подчинил мимолетные чувства и помыслы поставленным идеалам, неразделимо «слился со всем живым». «Общение с ним приносило ощущение счастья, — писал об Эйнштейне Макс Борн, — потому что чувствовалось, как совершенно независим он был от своего «я»

Казалось бы, побег состоялся... Но разве не «личное» это: «найти свою внутреннюю свободу и уверенность», ступить на «надежную» дорогу, «почувствовать себя как дома и обрести устойчивость»? Разве все эти желания принадлежат «большому миру, существующему независимо от нас, людей, и стоящему перед нами как огромная вечная загадка»?

Нет, объективный мир не испытывает никаких желаний. Их испытывает человек. Не во всяком доме человек может себя почувствовать «как дома». Он пытается обрести пристанище, которое соответствовало бы исподволь, с детства сложившимся представлениям. Оказывается, до конца преодолеть в себе «личное» необычайно трудно. Едва ли вообще возможно.

Хорошо если подавленное, но все-таки пробивающееся кое-где «личное» не очень разнится от «неличного», с чем бы человек ни соприкасался в любую пору своей жизни. Не так было с Эйнштейном.

«Дом» Эйнштейна — это объективный, познаваемый мир, отдельные части которого соединены жесткими причинными связями. Мир, явившийся ему впервые в образе компасной стрелки, которая ведет себя точно так, как ей повелевают, хотя и скрытые, но вполне определенные причины.

«Дом» Эйнштейна — это причинный мир Спинозы, «чистая и одинокая душа» которого искала в познании всеобъединяющих и всесвязующих причинных нитей, «средство излечения от страха, ненависти и горечи, единственное средство, к которому может обратиться мыслящий человек».

«Дом» Эйнштейна — это гармоничный мир Моцарта, в музыке которого «нет ни одной лишней ноты» и все абсолютно неизбежно вытекает одно из другого.

Но никто не знает, каков объективный мир на самом деле. Поколениям ученых он, словно кочан капусты, позволяет с себя снимать слой за слоем. Однако соседние слои сильно отличаются друг от друга. Какова снимаемая сегодня оболочка — таков и мир в человеческом представлении. Освоение каждой из них требует какого-то времени. Счастлив исследователь, чья жизнь целиком уложилась в этот интервал...

Жизнь Эйнштейна перекрыла собой во времени два слоя очищаемой от внешних обманчивых одежек истины. Один из них он снял самостоятельно и очень быстро. Выношенные в его сердце заведомые представления служили

ему хорошим подспорьем в этом деле. Однако когда обнажилась следующая, более глубокая оболочка, они уже не только не помогали, но превратились в помеху. Сама его жизнь стала оборачиваться драмой.

«Вы думаете, что я с чувством полного удовлетворения смотрю на дело всей моей жизни,— с горечью писал он Морису Соловину в марте 1949 года, вскоре после своего семидесятилетия.— Вблизи все выглядит иначе. Нет ни одного понятия, относительно которого я был бы уверен, что оно останется незыблемым. Я даже не уверен, что нахожусь на правильном пути вообще. Современники же видят во мне еретика и реакционера, который, так сказать, пережил самого себя».

Что ж, кажется, есть еще время. Еще шесть лет жизни впереди. Можно избрать другой путь, например, тот, по которому идут его научные противники. Но нет, Эйнштейн остается верен своим убеждениям. «Другой» путь — «это, конечно, вопрос моды и объясняется их недомыслием».

Чем дальше, тем все меньше надежды Эйнштейна, что он сам успеет разрешить затянувшийся спор. Его работа над единой теорией поля не дает желаемых результатов. Большинство физиков с самого начала относятся к ней скептически. Но дело даже не в этой неверии окружающих. «...Чувство неудовлетворенности поднимается во мне изнутри»,— признается он Соловину. Подчас собственные поиски кажутся ему «дико спекулятивными».

Однако надежды Эйнштейна простираются далее пределов его личной жизни. Наука выше отдельных личностей. Он уверен, что новые поколения ученых справятся с этой задачей, которую не одолел он.

«В наших научных взглядах мы выросли антиподами,— пишет он Максу Борну.— Ты веришь в бога, играющего в кости, а я — в полную закономерность объективно существующего, и эту закономерность я пытаюсь уловить дико спекулятивным образом. Я надеюсь, что кто-нибудь найдет более реалистический путь и соответственно более осязаемый фундамент для подобного воззрения, нежели это удалось сделать мне».

Время идет. Но никто еще не сумел найти для физики фундамент, который заменил бы квантовую механику, никто не сумел опровергнуть истину, что в загадочном и трудно постижимом мире микрочастиц царствует ее величество вероятность.



Многие из тех, кто когда-либо слышал имя Ньютона, только и знают о нем, что легенду: Ньютон сидел у себя в саду, когда на голову ему свалилось яблоко,— так он открыл закон всемирного тяготения.

Чем-то эта легенда нравится людям, оттого и живет века. Ясно, чем: смотрите, как просто делаются великие открытия; сидел себе и сидел человек, палец о палец не ударил, а ему в голову идея — толк! — чуть не в самые извилины, прямо с доставкой на дом; вот тебе и гений — просто повезло человеку.

Но яблоки, мы знаем, падали и падают миллионы раз — и на голову, и на плечи, и на грудь... А открытий что-то нет.

Что же до Ньютона, историки уверяют: не было никакого яблока.

Тем не менее легенда живет. У нее своя жизнь, отдельная от реальности. И это один из признаков неумирающей славы, сопровождающей имя человека.

Похожее с Нильсом Бором. Вы можете ничего другого не знать о нем, как только его знаменитую фразу, повторяемую уже которое десятилетие на все лады: «Это, конечно, безумная идея, но весь вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы быть верной». Разница между Ньютоном и

Бором лишь та, что, если яблоко не падало, фраза, ставшая легендой, действительно слетала с уст великого датского ученого.

И эта фраза тоже нравится тем, кто не устает ее повторять. И тоже кажется ясным — почему. В конце концов так ли уж трудно высказывать безумные идеи? Невероятно безумные, сверхбезумные... Достаточно безумные... Всякому на голову может упасть яблоко, и всякому в голову однажды может прийти что-нибудь этакое... И легенда о яблоке, и афоризм о безумной идее вполне в духе демократии уравнивают в правах гения и негения.

Тот, однако, из услышавших впервые знаменитую фразу Нильса Бора, кто захочет поближе познакомиться с личностью ученого, очень скоро испытает растерянность: в общем представлении безумная идея — идея алогичная, туманная, иррациональная, между тем с юных лет и до глубокой старости более всего Нильс Бор ценил ясность аргументов...

...Более всего Нильс Бор ценил ясность аргументов. Люди, близко знавшие его, вспоминают, что он требовал этой ясности от своих оппонентов «с фанатизмом и почти пугающей непреклонностью».

Однажды между Бором и приехавшим в Копенгаген Шредингером возник спор по какому-то очень важному вопросу. Он продолжался несколько часов — до тех пор, пока Шредингер не отступил. Бор загнал его в угол безукоризненной логикой своих доводов. Так случилось, что сразу же после этого спора, может быть, даже в результате его, из-за нервного перенапряжения немецкий физик слег в постель и остался на несколько дней в доме Бора. Однако и от поверженного противника Бор никак не мог отойти, пока оставалась хоть какая-то неясность. «Но, Шредингер, вы все-таки должны согласиться...» — беспрестанно теребил он своего коллегу.

Когда Розенфельд, в дальнейшем близкий сотрудник Бора, только что появился в копенгагенском Институте теоретической физики, первое, что он узнал, — в институте идет крупная баталия. Несколькими днями ранее в Копенгаген приехали Ландау и Пайерлс показать Бору свою новую работу. Из-за нее-то и разгорелся сыр-бор. Пайерлс уже покинул поле боя «в полном изнеможении». Ландау еще сопротивляется. Сотрудники показывали друг другу

нарисованную кем-то карикатуру: Ландау сидит привязанный к стулу с кляпом во рту, а стоящий напротив него с поднятым указательным пальцем Бор увещевает: «Погодите, Ландау, дайте мне хоть слово сказать!»

Словно Ньютон, Бор с детства привык копать во всяких механизмах и машинах. Однажды, еще ребенком, он принялся разбирать колесо велосипеда, у которого сломалась втулка. Взрослые недоумевали: «Зачем? Разве не проще отдать велосипед в мастерскую?» Однако Нильса интересовала не столько втулка, сколько вообще конструкция велосипеда. Он жаждал ясности. И добился ее.

Много позже, уже в почтенном возрасте, Бор заметил как-то у своих знакомых часы необычной конструкции и, конечно, попросил разрешения разобрать их. «Слегка опечаленные», знакомые согласились. Однако тревога их была напрасной. Бор прекрасно справился со сложным механизмом. После того как извлеченные из корпуса детали опять оказались на своих местах, часы ходили, как и прежде.

Это стремление к ясности, к безупречной логике, к верному пониманию и воссозданию реальности неизменно, опять-таки с детства, преодолеvalo у Бора соперничество других естественных человеческих побуждений. Иногда дело доходило до смешного. Однажды, гуляя с Нильсом, его отец стал вслух любоваться красотой дерева: как-де гармонично ствол разделяется на крупные ветви, те, в свою очередь, — на мелкие, и все кончается листьями. Неожиданно для размышлявшего профессора его малолетний сын возразил: «Но ведь если бы это было не так, то какое же это было бы дерево!»

В другой раз учитель велел Нильсу нарисовать дом с садом и забором. Тот принялся было за рисунок, но обнаружил, что не знает, сколько в их заборе жердей. Недолго думая, он выбежал на улицу и пересчитал их. Нильс не мог допустить, чтобы его рисунок хоть в чем-то не отвечал действительности.

Как напоминают эти забавные случаи, сохранившиеся в семейной хронике, многие эпизоды зрелой жизни Нильса Бора! В бесконечных спорах о том, какую точку зрения следует предпочесть, он, по словам Розенфельда, «всегда отбрасывал традиционные соображения простоты, изящества». В таких случаях Бор обычно говорил: «Не могу понять, что подразумевается под словами «красивая теория», если она неверна».

В разгаре дискуссии с Эйнштейном и его единомышленниками он как-то обронил фразу: «Они делают свои доводы изящными. Но главное, чтобы они были правильными».

И вот этот-то человек, столь непоколебимо веривший в силу и мощь рационального мышления, вместе с тем уже с юношеских лет время от времени стал удивлять окружающих идеями, от которых, напротив, словно бы веяло чем-то иррациональным. Представьте себе такую ситуацию, рассуждал Бор: вы пытаетесь разобраться в собственных переживаниях. С одной стороны, вы стараетесь понять их, как если бы речь шла о ком-то другом, а не о вас. Но с другой — во время этой процедуры, как и всегда, вы остаетесь самим собой: что бы вы ни подумали о себе, взирая на свою личность «со стороны», к этому непрестанно подмешивается ваше «я», то есть то, что, собственно, и должно быть предметом изучения. Тут уж не добьешься такой ясности, как при разборе часового механизма, пусть самого сложнейшего. Логическая способность здесь словно буксует. Постоянный внутренний «фон» не дает как следует посмотреть на себя извне. И напротив, мы чувствуем, что самоанализ нарушает непосредственность наших ощущений. Одно исключает другое. Но вместе с тем одно сцевлено с другим, одно дополняет другое. Дополнительность — вот ключевое слово, подобающее данному случаю.

Между прочим, иллюстрацией идеи дополнительности могут служить автопортреты художников. Многим из них свойственна неопределенность психологической характеристики. Представляешь, как, рисуя, художник смотрел на себя в зеркало, но на это отражение, мешая уловить суть, постоянно накладывалось нечто, исходящее изнутри. И в конце концов портрет получался зыбким и туманным.

Вы и сами замечали, возможно, что ваше собственное лицо, также предстающее перед вами время от времени в зеркале, лишено для вас той определенности, какой обладают лица других людей. Причина тому — все та же.

Отношения дополнительности не представляют собой чего-то исключительного, случайного, иначе они не заинтересовали бы Нильса Бора. Напротив, эти отношения, полагал Бор, универсальны, они затрагивают глубинную природу вещей, встречаются едва ли не на каждом шагу и в жизни, и в науке. Но о науке — позднее. Часто Бор подмечал дополнительность именно в обыденном. Он любил при-

водить такой пример. Известно, что всякий человек, решая, как ему поступить в том или ином случае, постоянно соотносится с обстоятельствами. Обстоятельства как бы определяют его действия. В то же время никто не отрицает, что существует свобода воли. Намреваясь что-нибудь предпринять, каждый из нас нередко заявляет: «Я так хочу». Но ведь одно с другим несовместимо. «Когда мы говорим слова «я хочу», — поясняет Бор, — мы тем самым отвергаем логическую аргументацию». Как и в случае самоанализа, тут встречаются две дополняющие друг друга стороны. Одна перечеркивает другую. Причинная обусловленность и свобода выбора — антиподы. Но обе стороны нераздельно слиты в человеческих поступках.

Если же говорить о науке, Бор часто вооружался идеей дополнительности, когда речь шла об извечном, без конца обсуждаемом вопросе: можно ли познать живое методами физики и химии. Он считал, что этих методов для биологии недостаточно: физика и химия имеют дело лишь с такими системами, отдельные части которых известны, а свойственный живым организмам обмен веществ не позволяет строго установить, какие из атомов принадлежат данному организму, какие — нет. И вот как раз тогда, когда точно учесть происходящее «на атомном уровне» невозможно, и проявляются собственно биологические закономерности.

Дело, однако, не в том, чтобы лишь порознь исследовать живое двумя разными, не совместимыми друг с другом способами. Путь к наивысшему познанию открывается как раз при совокупном взгляде на организм как на предмет изучения физики, химии и одновременно биологии.

Собственно, идея дополнительности, возможно, и забрезжила впервые в сознании Бора под влиянием биологии, а точнее физиологии, под влиянием споров, слышанных им в детстве и ранней юности. Среди собиравшихся в их доме друзей отца, профессора физиологии, были философ Харальд Гефдинг, знаменитый языковед Вильгельм Томсен, профессор физики К. Христиансен. Нильс и его младший брат, Харальд, чувствовали себя на вершине счастья, когда им позволяли посидеть со взрослыми и послушать их разговоры.

Разговоры эти нередко касались «вечной» проблемы — можно ли представить живой организм как обыкновенную, хотя и сложную машину? Идея эта возникла давным-дав-

но, еще в Древней Греции. Бурное развитие механики в последующие века укрепило ее. Тонкие анатомические исследования, открытие кровообращения, изобретение микроскопа — все как будто лило воду на ее мельницу. Вместе с тем уже Аристотель отвергал механистическое объяснение явлений жизни. Он обращал внимание на то, что каждый живой организм предстает перед нами как нечто целое, и призывал изучать его с точки зрения совершенства и целесообразности. Отголоски этой идеи сохранились и в более поздние времена. Поразительная способность всего живого приспосабливаться к окружающему и воспроизводить себе подобное у многих ученых рождала убеждение, что механистического подхода здесь явно недостаточно.

Среди них был и отец Бора. Всю свою жизнь посвятивший исследованию физических и химических сторон физиологии, он тем не менее считал полезным использовать в этой науке, хотя бы условно, принцип целесообразности. В том, как он понимал этот принцип, не было ничего мистического. Следуя Дарвину, Христиан Бор полагал, что «цель» живого организма — это сохранение самого себя и своего биологического вида. Соответственно целесообразно в организме все, что отвечает этой цели. Метод, при котором исследователь не только расшифровывает физику и химию какого-то биологического явления, но и непрерывно оценивает, насколько результаты отвечают условию целесообразности, — согласно убеждению Христиана Бора этот метод гораздо эффективней, нежели простое бесхитростное добывание фактов.

Но при этом, конечно, с принципиальной точки зрения дело значительно усложняется. Приходится вести «двойную бухгалтерию», на все смотреть двояким образом: с одной стороны, любое проявление жизни — результат сцепления и разъединения атомов и молекул, подверженных действию слепых, косных сил, с другой — в нем как бы живет сознание, ощущение своего предназначения. Как же это может быть? Разве природа не устроена одним-единственным образом?

Это-то и поразило Нильса Бора, это и определило главное направление раздумий всей его жизни — то, что могут существовать два взаимоисключающих подхода к одному и тому же вопросу, которые, однако, в равной мере необходимы. Отсюда и пошло то словно бы недоверие к ясному логическому мышлению, которое, пожалуй, тоже можно

считать «дополнительной» чертой по отношению к свойственной ему почти фанатической жажде ясности. «Немногие люди знают так же хорошо, как он, силу анализа,— писал о Нильсе Боре Розенфельд,— но в то же время он остро чувствует абсолютную недостаточность любой односторонней аналитической процедуры: гармония вещей складывается из взаимодействия явно конфликтующих друг с другом аспектов».

С таким пониманием «гармонии вещей» мы еще не встречались. Согласитесь, гармония Бора отнюдь не напоминает прекрасные круговые орбиты Коперника или неслышимую космическую музыку Кеплера. Она — во взаимодействии «конфликтующих друг с другом аспектов», в столкновении противоположностей. Откуда берутся эти столкновения и эти противоположности? Погружаясь в глубины явлений с их поверхности, мы вдруг с удивлением открываем, что там все не так, как наверху, и что наша «поверхностная» жизнь не выработала в нашем языке подходящих понятий для пересказа того, что мы обнаруживаем в этих глубинах. Примеряясь же к тем понятиям, которые у нас имеются, мы вынуждены рассказывать об одном и том же по крайней мере двояким образом. Причем один наш рассказ никак не совместим с другим.

Кажется, парадокс, безысходность. Однако Нильс Бор черпает в этом парадоксе энергию и силу. «Там, где метафизически мыслящий человек пришел бы в отчаяние,— говорит по этому поводу Розенфельд,— Бор находит спасение...»

Итак, на первых порах идея дополнительности возникла у Бора в размышлениях над биологией и психологией. Однако Бор не чувствовал себя уверенно ни в той, ни в другой науке. Он с уважением относился к точке зрения отца, но, разумеется, почел бы недопустимой дерзостью во всеуслышание делать какие-либо заключения о методах исследования в тех областях, где сам он был дилетантом.

Собственная же область его интересов — физика — долго не давала ему повода для приложения этой ключевой идеи. В первый раз, как считает Розенфельд, она промелькнула в докладе двадцатисемилетнего Бора в 1913 году. Доклад был посвящен предложенному им на основе собствен

ной атомной теории объяснению спектра атома водорода. В своей теории Бор отступал от классических взглядов. Он был уверен, что разобраться в строении атома можно только с помощью понятия кванта. Вот что, однако, знаменательно: он не отвергал прежние представления напрочь, хотя в то же время и не пытался как-то смягчить и смазать противоречие. «Я смею надеяться,— сказал тогда Бор в заключение доклада,— что выразил свои мысли настолько ясно, что вы поняли, как сильно они противоречат тому восхитительно построенному кругу представлений, который по праву был назван классической электродинамикой. С другой стороны, я стремился, чтобы у вас сложилось впечатление, что только при постоянном подчеркивании этого противоречия со временем может появиться возможность внести некоторую последовательность в новые представления».

Так он и поступал всякий раз — «постоянно подчеркивал противоречия» там, где обнаруживал их. Не прятал не затушевывал, а, напротив, обнажал, делал явными. И знаменитая его фраза о «безумных» идеях («Это, конечно, безумная идея, но весь вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы быть верной») — фраза, о которой наговорено уже бог знает что, на самом деле показывает как раз его стремление отыскивать ключевые противоречия: «безумная» идея та, что противоречит общепринятым взглядам; но противоречить им может и просто ошибочное мнение — только за «достаточно» глубоким расхождением, вытекающим как бы из самой природы вещей, может что-то стоять... «Достаточно безумная» идея — та, за которой может скрываться отношение «дополнительности», свойственное, как полагал Бор, наиболее глубоким истинам.

И в том раннем докладе угадывается, что «восхитительный круг представлений» — классическую электродинамику, и новые, квантовые, «безумные» идеи Бор рассматривает как дополнительные стороны открывающегося простого знания о природе.

Помимо прочего, казалось бы, какая неосмотрительность со стороны молодого ученого открыто провозглашать, что его работа противоречит общепринятому. Да к тому же это еще неполная, незавершенная работа! Обычно заведено поступать наоборот — всячески притушевывать поначалу принципиальную новизну выдвигаемых идей,

чтобы, упаси боже, даже намеком не выдать их несогласие с солидными, признанными теориями. Из поколения в поколение передаются различные поучительные истории такого рода. Например, известный немецкий химик Либих в свое время предупреждал своего молодого французского коллегу Жерара: «...молодой ученый, который хочет заставить и заставляет «стариков» учиться по его законам, не может больше ждать никакого продвижения вперед... Запомните то, что я вам говорю: вы разрушите ваше будущее и... приведете в раздражение всех, если вы будете создавать теории». Кекуле одну из основных своих статей, где он говорил о валентности, о природе химической связи и других столь же важных вещах, завершал смиренными словами: «В заключение я считаю необходимым еще раз подчеркнуть, что сам я соображениям такого рода придаю лишь подчиненное значение». Таков же и конец доклада Бутлерова, содержащего основные положения выдвинутой им теории химического строения: «Я далек от мысли предлагать здесь новую теорию, напротив, надеюсь, что выражаю идеи, принадлежащие многим химикам».

Прямодушному Бору, конечно, даже на ум не приходило прибегать к подобным уловкам. Кроме того, идея конфликта, сшибки двух непримиримых концепций как источника более глубокого понимания природы вещей уже в то время была ему не менее дорога, чем сама физическая теория, за которую он тогда боролся.

Однако отчетливое осознание принципа дополнительности и его «золотой век» в физике брезжили еще где-то впереди.

В середине двадцатых годов физики разных стран работали над квантовой механикой — теорией, которая могла бы объяснить движение электронов, протонов и других частиц столь же хорошо, как классическая механика объясняет движение обычных тел. В конце концов теорию удалось построить. Но это была сплошная математика. Предстояло не менее важное — дать формулам физическое истолкование, понять, каким образом их следует применять в том или ином конкретном эксперименте.

Дело осложнялось тем, что в головах физиков новые, квантовые представления перемежались с классическими, а корпускулярные свойства частиц странным образом уживались с волновыми. Пытаясь внести ясность, некоторые

физики пробовали построить теорию по классическому образцу, без «этих проклятых квантовых скачков». Но ясность не наступала, результат получался прямо противоположный.

Тогда-то как раз и состоялся знаменитый спор между Шредингером и специально пригласившим его в Копенгаген Бором, после которого немецкий физик уехал во-свояси расстроенный, больной, а с точки зрения его противников — еще и поверженный.

В Копенгагене в центре непрерывных многомесячных бдений над квантовой теорией стояли Бор и его молодой коллега Вернер Гейзенберг. Нильс Бор с семьей занимал в то время квартиру при Институте теоретической физики, а Гейзенберг, приглашенный работать преподавателем, жил там же в мансарде. Он рассказывает, что часто Бор поднимался к нему поздно вечером, чтобы поговорить о вопросах, которые мучили их обоих. Потом разговор продолжался в квартире Бора за стаканом портвейна. Заканчивался он далеко за полночь нередко полным отчаянием «из-за непонятности квантовой теории».

В эту тяжелую для них обоих пору каждый из них вел поиск в своем направлении. Гейзенберг, основавший математический аппарат квантовой механики, по-прежнему уповал на математику: он считал, что приемлемого физического истолкования квантовой теории можно добиться, опираясь на понятия классической физики, изменяя их лишь в той мере, в какой этого требуют математические формулы. Бор же полагал, что ключ к решению скрывается в удивительной необъяснимой двойственности материи, которая одновременно проявляет и свойства волн, и свойства частиц. Без сомнения, уже в то время, хотя он прямо и не говорил об этом, его поиск направлялся излюбленной идеей его юности — идеей дополненности.

Так получилось, что каждый из них добился решающего успеха на своем собственном пути. Гейзенберг вспоминает, как однажды ночью после очередного утомительного спора, расстроенный, он вышел на свежий воздух в примыкающий к институту парк. И вот во время этой прогулки «под усеянным звездами ночным небом» у него мелькнула странная на первый взгляд мысль: а не следует ли предположить, что природа допускает только такие эксперименты, которые можно описать формулами квантовой механики? Но из этих формул следовало, что нельзя в одно и то же время определить и место, в котором находится части-

ца, и ее скорость. А как на самом деле? Казалось бы, вот новый повод для обсуждения. Но как раз в это время Бор уехал в Норвегию кататься на лыжах, и Гейзенберг принялся проверять свою догадку один. В результате ко времени возвращения Бора он окончательно убедился, что осенившую его идею надо положить в основу всего. Вместо не очень понятной мысли о том, что именно предпочитает природа, появились более осязаемые доводы. Ученый рассуждал так. Допустим, мы собираемся определить положение частицы и ее скорость, точнее, импульс. Чтобы узнать, где она находится, мы должны были бы «осветить» ее под каким-нибудь очень сильным микроскопом. Но ведь ясно: удары фотонов, попадающих в частицу, приведут к тому, что импульс ее изменится, и мы не сможем его точно определить. Чем точнее мы хотим узнать положение частицы, тем меньшей длины волны должно быть излучение, которое мы используем для ее «освещения», тем сильнее будут удары фотонов о частицу и, значит, тем менее точным будет определение ее импульса. Если же мы начнем наши хлопоты с измерения импульса, все пойдет обратным чередом: для большей точности измерения мы будем стараться увеличить длину волны излучения, которое служит нам измерительным инструментом, и это соответственно станет все более снижать точность определения положения. Образуется как бы заколдованный круг...

Гейзенберг не ограничился этим «качественным» рассуждением, но и вывел количественное соотношение — свое знаменитое соотношение неопределенностей, согласно которому произведение вероятных ошибок при измерении координаты и импульса частицы никогда не может быть меньше некоторой, вполне определенной для этой частицы величины.

Поразительно, как Бор сразу не увидел в этом соотношении того, что он давно привык искать во всем. Казалось бы, идея Гейзенберга воплощала в себе идеал дополненности. Однако, приехав из Норвегии, он принялся оспаривать эту идею. Объяснение, пожалуй, может быть одно: к этому времени он уже с головой погрузился в дополненность волн и частиц.

Мало-помалу, однако, выяснилось, что неопределенность в описании движения частицы не отгорожена наглухо от двойственности частиц и волн. Оба кажущихся пара-

докса связаны друг с другом и вытекают один из другого. И Бор, и Гейзенберг подходили с разных концов к одной и той же цели. То, что Гейзенберг поспел к ней чуть раньше, — дело случая.

Но цель достигнута. Предстоит поведать об этом ученому миру. Гейзенберг отправил статью в печать. Принялся за рукопись и Бор. Как всегда, он диктовал жене или кому-нибудь из сотрудников. Казалось бы, столь долго вынашиваемые идеи легко должны ложиться на бумагу. Но Бор обычно писал (если так можно сказать) мысленно, постоянно что-то изменял и подправлял, искал нужные слова не менее мучительно, чем заправский литератор. Работа, начатая ранней весной, не была завершена и к концу лета. По настоянию брата, чтобы не терять времени, он приготовил бьюю коротенькую заметку для английского журнала «Nature», но и ее не отослал.

16 сентября 1927 года на конгрессе, проходившем в Италии на живописном озере Комо, Бор выступил с докладом, в котором изложил свои взгляды на квантовую механику. Суть этих взглядов составляла дополнительность. Открытая Гейзенбергом неопределенность была для Бора хотя и важным, но частным проявлением все усложняющихся отношений между исследователем и природой. В этих отношениях наступил решающий перелом. До последнего момента большинство физиков надеялись отыскать какой-то один-единственный способ, с помощью которого можно было бы описывать поведение частиц, как в классической механике. Отныне с этой надеждой покончено. Бор ожидал, предчувствовал нечто подобное. Теперь вполне становится ясно, что в микромире придется пользоваться разными способами описания, не совместимыми друг с другом. Эти способы дополнительны друг по отношению к другу. Они требуют приборов совершенно различных типов. Приборы, используемые при создании одной картины (допустим, основанной на измерении импульса частицы), невозможно применять для построения картины другой (в основе которой — определение положения той же самой частицы). И наоборот. Причем дело здесь вовсе не в том, что приборы недостаточно хороши, недостаточно совершенны. Никакими техническими ухищрениями преодолеть эту трудность невозможно. Тут принципиальный запрет, наложенный самой природой. Дело в том, что к явлениям микромира мы подходим с той же меркой, с теми же понятиями, с теми же способами наблюдения и измерения,

что и к явлениям макромира, изучаемым классической физикой. Но между этими двумя «мирами» большая разница. Классическая физика пренебрегала вмешательством наблюдателя в наблюдаемый процесс. И все ее понятия, методы, приборы отвечали этому обстоятельству. В микромире такое пренебрежение недопустимо. Потому-то и оказывается, что классические понятия и методы не в силах отразить происходящее в нем однозначно. В языке классической физики всякий раз не находится того одного-единственного набора слов и соответственно у исследователя не находится единственного комплекта приборов, которые исчерпали бы суть дела. Отсюда и дополнительность, с которой приходится мириться.

Можно только догадываться, какое впечатление произвел на участников конгресса доклад Бора. Ему был предоставлен для выступления целый час — четырехкратная норма времени. Обсуждение доклада заняло всю заключительную часть конгресса.

«Для самого Бора,— писал позднее Розенфельд,— открытие фундаментальных отношений дополнительности в квантовой теории принесло подлинное освобождение, предоставив ему возможность дать наконец адекватное выражение сильнейшему желанию его души, которое оказывало влияние не только на его рациональное мышление, но даже на его сокровенную эмоциональную жизнь».

Бор чувствовал, что завершена не только коллективная битва многих физиков за создание труднейшей из научных теорий — завершена и его собственная «напряженная борьба за достижение внутренней гармонии».

Важнейший вклад в квантовую механику внесли несколько физиков, но трудно себе представить, как обернулось бы дело, если бы в их числе не было Бора. Науке повезло, что среди этих физиков оказался человек таких страстей, таких желаний. Он загодя заготовил свой счет природе и предъявил его в решающий момент. То был момент, исполненный великого драматизма. Пожалуй, никогда еще рождающаяся теория не представляла такой отвлеченной, оторванной от земли. Голая математика, джунгли из переплетенных друг с другом формул. Первая мысль, которая приходила в голову: с какой стати реальный мир должен подчиняться этим навязываемым ему кем-то значкам? Трудно было бы защищать такую теорию.

Бор вдохнул в нее жизнь, придал ей кровь и плоть. Он логически объяснил ее неизбежность

Правда, уже в Комо она была встречена в штыки. При чем атака велась вовсе не против математической умозрительности. Штурм был направлен как раз против бастionedности. Штурм был направлен как раз против бастionedности. На Сольвеевском конгрессе, проходившем месяц спустя, новую теорию ожидали еще бо́льшие испытания. Здесь главным ее противником выступил не кто иной, как Эйнштейн, обвинивший теорию в том, что «она оставляет на волю случая время и направление элементарных процессов». Квантовая механика посягнула на величайшую ценность — на гармонию мира, которую Эйнштейн всей своей душой, всем своим существом жаждал видеть в обличье классической причинности. И пощады ей не было

Что могла бы противопоставить этому мощному напору голая математика квантовой теории? Только одно — концы у ней вроде бы сходятся с концами. Это хотя и немало, но для физики еще недостаточно. Однако здесь гармония нашла на гармонию. Одну защищал Эйнштейн, другую отстаивал Бор. Дополнительность для него являла собой не меньшую ценность, чем причинность для Эйнштейна. Гармония в представлении Бора уже не принадлежала целиком природе, но возникала на грани между нею и человеком. По словам Розенфельда, «научные открытия представлялись Бору встречей природы и человеческого интеллекта, которую он всегда переживал с драматической силой».

Бор защищал квантовую механику неутомимо и блестятельно. Может быть, благодаря этому она и осталась жить.

Все-таки у кого-то может зародиться сомнение: совместим ли облик Бора — этого трезвого, не поддающегося никаким иллюзиям человека, с идеей гармонии, от которой словно бы веет художественным, романтическим взглядом на жизнь?

В общем-то, такой взгляд не был чужд Бору. По крайней мере, если судить по его любви к литературе, к искусству. Как говорят, он был прекрасным знатоком исландских саг, многие из которых помнил наизусть и часто читал в кругу друзей. Любил он также Ибсена, Бьёрнсона, Вигена, Вильденвея, а из датчан — Хольберга, Кьеркегора, Па-

лудан-Мюллера, Андерсена и особенно Поля Мартида Меллсера. Среди мировых классиков ближе всего ему были Шекспир и Диккенс, Гёте и Шиллер. «Посвящение» Гёте, «Изречения Конфуция», «Ширину и глубину» Шиллера он готов был декламировать без конца. «Ясность в широте таится, в бездне истина гнездится...» Могли ли эти мудрые шиллеровские строки не найти в нем отзвука? «Он глубоко любил поэзию и нередко поддавался влиянию возвышенных чувств...» — вспоминает об отце Ханс Бор.

При всем при том Бор строго разграничивал науку и искусство. Слова «изящная теория», «красивая теория», с помощью которых обычно перекидывают мостик между ними, вызывали у него искреннее недоумение. Даже логическая непротиворечивость теории, добившись которой почти всякий ученый испытывает чувства, напоминающие наслаждение художника, положившего точный штрих, — даже она не была для Бора идеалом. Главная и единственная цель, которую он преследовал, — это «правильность» теории.

Люди, близко знавшие его, вспоминают, что до последних дней своей жизни он «оставался одним из наиболее свободных от предрассудков физиков» и «никогда не изменял своему старому лозунгу — быть всегда готовым ко всякого рода неожиданностям (в этом он резко отличался от Эйнштейна)».

И вот, имея в виду все это, трудно понять, каким образом ученый мог столько лет лелеять в душе такой «предрассудок», как жажда гармонии, стремление отыскать ее в облике дополненности. Трудно понять, каким образом он мог в первый момент оказаться не готовым к такой «неожиданности», как выдвинутое Гейзенбергом соотношение неопределенностей, и даже попытаться отвергнуть ее в угоду своему старому «предрассудку».

Единственный шанс разрешить эту загадку — снова применить к самому Бору тот ключ, которым он стремился отпирать двери физических и иных проблем, — принцип дополненности. Вспоминая о волнующем времени создания квантовой механики, Бор рассказывал: «Мы тогда говорили, что существуют два рода истин: истина первого рода такова, что обратное высказывание явно неправильно. Но существуют и такие истины... для которых обратное высказывание при более глубоком понимании также оказывается истинным». И вот в духе этого подхода мы должны рассмотреть два противоположных суждения. Одно: «В фи-

уже Бор не признавал эстетические критерии и прочие «предрассудки». И второе: «Бор придавал значение эстетическим критериям». Вглядываясь пристальнее в черты личности ученого, мы в конце концов начинаем постигать, что справедливы оба утверждения. Было, очевидно, и то и другое. В душе ученого боролись два противоречивых, а на его языке — дополнительных начала. На первую истину мы можем опираться, когда говорим о его суровых требованиях ясности, непредвзятости, смиренном следовании природе, а на вторую — когда речь идет о его неустанных поисках гармонии.

Этот поиск тем и отличается от исканий других великих мыслителей, что он соседствовал и уживался со своей противоположностью. В жизни Коперника, Кеплера, Галилея, а может быть, даже и Эйнштейна, по-видимому, были моменты, когда идею гармонии они ставили или готовы были поставить выше рациональных соображений. У Бора мы не видим ничего подобного. Как писал Оскар Клейн, Бор стремился «познать гармонию бытия без отказа как от требований логики, так и опыта»

В этом суть дела.

Сотрудники Бора вспоминают, что чрезвычайно важным его принципом было требование симметрии. В своих научных трудах он всегда исходил из этого принципа. «Если после долгих размышлений Бору удавалось разработать вполне определенный план, который ему нравился, — пишет Розенталь, — он с улыбкой заявлял: «Смотрите, как он прекрасен, но он ведь еще и симметричен».

Идея дополнительности — воплощение симметрии. Бор сам не однажды отмечал это. Он даже считал слово «симметрия» синонимом дополнительности, однако находил, что последним удобнее пользоваться.

Какой бы пример дополнительности мы ни взяли, всюду одна и та же картина: посередине — некая ось, роль которой играет мерцающая, недостижимая истина, а по бокам от этой оси — различные выдвигаемые нами схемы ее описания; каждая из этих схем обладает такой же силой, как и любая другая, но отрицает любую другую, каждая тянет в свою сторону, но благодаря одинаковости «сил» получается равновесие.

Что такое свет? По одну сторону от оси располагается определение: «Свет — это излучение», по другую —

«Свет — это поток частиц». Обе версии отрицают друг друга, но вместе они дают наиболее полное представление об истине.

А что такое электрон? Снова, чтобы найти подходящее определение, нам волей-неволей приходится пользоваться понятиями классической физики. Но в ее словаре нет одного-единственного слова, с помощью которого можно было бы объяснить, что такое электрон. Вот и получается: на одном плече воображаемого коромысла — «электрон — частица», на другом — «электрон — волна». Коромысло находится в равновесии.

Да и вообще все явления в микромире мы вынуждены представлять в виде симметричной картины: изображение их в пространстве и во времени противостоит причинному изображению... (Отсюда, кстати, и берет начало та приблизительность в предсказании явлений, предсказание их на основе вероятности, которыми был так недоволен Эйнштейн.)

Бор по-детски радовался, когда ему казалось, что и за пределами физики он находил отношения дополнительности. Так, он любил повторять известную китайскую поговорку: «В драме жизни все мы — и зрители, и актеры». Именно эту идею древних мудрецов Бор считал указующим жезлом «в поисках гармоничного отношения к жизни». Здесь опять явная симметрия: если вы зритель, то не актер, если актер — то не зритель, оба понятия уничтожают друг друга и оба вместе дают наиболее полное представление о вашей жизненной роли.

Впрочем, о чем бы ни говорил Бор, он всегда подразумевал, а нередко и предупреждал, что к самым словам нужно относиться с большой осторожностью. Сами понятия «актер», «зритель» могут ввести в заблуждение, передать не совсем то, что вы хотите сказать. (На память приходит строка из Тютчева: «Мысль изреченная есть ложь».) Использование всякого слова находится в дополнительном отношении к попыткам точно определить его смысл. Еще одна симметричная пара «использование — поиски смысла».

Кстати, теперь нам легче понять и всегдашнюю привычку Бора тщательнейшим образом, до изнурения работать над статьями, примеряя и подгоняя одни слова взамен других, и его манеру говорить — медленно, слегка запинаясь, следя за каждым выражением.

Дополнительность для Бора была исполнена поэзии.

И можно себе представить, как счастлив он бывал, когда мог на подходящем примере раскрыть эту поэзию другим. Посетив Японию, он рассказывал друзьям о знаменитой горе Фудзияма, о ее постоянно меняющемся облике, как о чудесном воплощении идеи дополнительности: «На закате вершина Фудзиямы исчезала за пологом окаймленных золотом облаков; черная громада горы, увенчанная этой сияющей короной, навевала впечатление благоговейного страха и вызывала ощущение величественности. На следующее утро нашим глазам предстал совершенно иной спектакль: остроконечная одинокая вершина, покрытая сияющим снегом, выплывала из густого тумана, наполнив шего долину; пейзаж излучал веселье и радость». Эти два различных вида, две «половины» горы невозможно просто сложить друг с другом, чтобы получить целую гору: они несовместимы, каждая из них существует как бы сама по себе. И все же при всей своей несовместимости они составляют одно. Прекрасно это единение в противодействии!

Не удивительно, если в дальнейшем, после этих поэтических впечатлений, пережитых Бором возле знаменитого вулкана, и неуловимая дополнительность микромира обрела для него добавочное очарование, будучи высвеченной тем же светом, в котором сияла прекрасная вершина Фудзиямы.

Наконец сам способ работы Бора — не соответствует ли он идее дополнительности? «Несмотря на то что Бор часто размышлял в одиночестве, — вспоминает Розенфельд, — характер его мышления лучше всего проявлялся в диалоге». Бор неустанно искал себе собеседников, на ком бы он мог проверить постоянно переполнявшие его идеи. В конце концов не имело особого значения, что это был за собеседник — маститый ли, молодой ли физик, его коллега-профессор или студент. Бор как бы предчувствовал тот, с кем он говорит, может оказаться носителем мыслей, дополнительных к его собственным, и тогда в диалоге, в споре появится нечто новое.

Не правда ли, какое разительное отличие, например, от способа мышления Ньютона, не переносившего споров и словопрений!

Но конечно, когда бывал нерерыв в трудах, на отдыхе, Бор мог позволить себе просто рассказать о том, что его занимало и волновало. Многие физики, работавшие у Бора в Копенгагене, с благоговением хранят память об этих беседах. «Мы сидели рядом с ним (а кое-кто буквально у

него в ногах на полу), — пишет Отто Фриш, — и старались не пропустить ни одного его слова. Возникало чувство, будто среди нас снова ожил сократовский ум; в своей мягкой манере Бор обсуждал проблемы в более высоком плане и открывал нам источники таких мыслей, о существовании которых мы в себе даже не подозревали. Наши беседы касались религии и генетики, политики и искусства; возвращаясь домой, я всегда чувствовал себя совершенно опьяненным одухотворенностью философского диалога».

Итак, идея дополнительности «симметрична». Симметрия же издавна олицетворяет собой прекрасное. Тому свидетелем — стройные формы дворцов и храмов, величественных монументов, пирамид. Да, собственно, форма любой вещи, претендующей быть красивой, так или иначе основана на симметрии. Не удивительно, если и ученые, которым не чужд был поиск прекрасного, стремились к симметрии, видя в ней эстетический идеал. Круги Птолемея и Коперника, правильные многогранники Кеплера, математические уравнения Максвелла, знаменитые преобразования Лоренца — вот лишь некоторые вехи, редким пунктиром обозначающие эволюцию в «поклонении» симметрии. В каком она шла направлении? Со временем дело тут обострялось все сложнее. Раз от разу идеал симметрии прилагался ко все более абстрактным вещам. Небесная сфера Птолемея — вещь вполне осязаемая, материальная. «Правильные тела» Кеплера, также воплотившие в себе безукоризненную симметрию, — уже нечто воображаемое, просто некий геометрический принцип расположения небесных орбит. О симметрии в математических формулах и говорить нечего: это вещь тонкая, далеко не всем доступная. Наконец, симметрия дополнительности... Вершина абстракции...

С идеей дополнительности не так-то легко свыкнуться. Понимая это, Бор снова и снова возвращался к ней почти в каждой своей статье. Он старался сделать ее понятной для возможно большего числа людей, особенно для ученых. Ему казалось, что в некоторых областях использование этой идеи обещает принести несомненный успех. В 1932 году он выступил с докладом перед биологами. Бор говорил о том, какие обширные возможности таит, по его мнению, принцип дополнительности, будучи применен к яв-

дениям жизни: эти явления нельзя полностью понять с позиций физики и химии, «само существование жизни должно... рассматриваться как элементарный факт», дополнительный по отношению к фактам взаимодействия атомов и молекул. Иными словами, Бор призывал к тому, чтобы охватывать живой организм исследованиями как бы с двух флангов: со стороны атомного и молекулярного строения и со стороны чисто биологических закономерностей. Причем вести эти исследования не порознь — одно изучают молекулярные биологи, другое — физиологи, а использовать оба метода одновременно как дополняющие друг друга

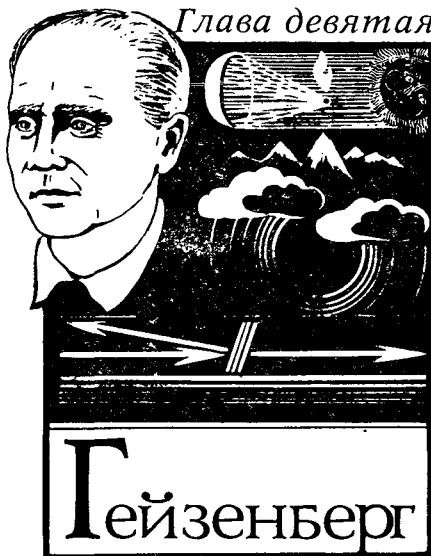
Знакомая идея. С нее ведь все и начиналось...

Как же встретили слушатели выступление Бора? Достоверно известно, что по крайней мере один из них под влиянием этого доклада стал совершенно другими глазами смотреть на биологию. Это был молодой физик Макс Дельбрюк. Захваченный идеями Бора, он даже решил поменять свою научную специальность. Позднее Дельбрюк добился выдающихся успехов в биологии, стал нобелевским лауреатом, ученым с мировым именем.

Однако большинство биологов в тот раз отнеслись к выступлению Бора довольно равнодушно. И позже он не раз с грустью признавался, что считает свою борьбу за идею дополнительности обреченной на неудачу: за исключением небольшой группы самых близких друзей, мало кто понимает важность этой идеи...

Ныне, когда Бора уже нет, оптимистические предсказания также перемежаются с пессимистическими. Одни, как, например, профессор Б. Г. Кузнецов, считают, что применение принципа дополнительности в различных областях исследования, «по-видимому, будет существенной особенностью науки» грядущих десятилетий. Другие, напротив, полагают, что применять на практике столь сложный диалектический принцип под силу разве только гениям.

Но даже в том случае, если этот принцип и не нашел бы сколько-нибудь широкого распространения в качестве непосредственного инструмента, с помощью которого открываются некие заповедные тайны природы, один лишь пример создания и истолкования квантовой механики, пример Бора и его коллег, надо полагать, будет снова и снова вдохновлять исследователей. Ведь в этом эпизоде научной истории героический поиск истины тесно сочетался со страстным стремлением постичь секрет высшей гармонии природы.



Что отличает большого ученого от остальных прочих? Кажется, ясно — большие открытия. На самом деле не только это. Еще стойкий интерес к философии, истории, разнообразным сторонам человеческой культуры. Вроде бы зачем математику или физику все это? Но вот ведь нужно зачем-то.

Во все времена студенты-первокурсники естественных факультетов, изучающие общие, в том числе гуманитарные, предметы, никак не могут понять такой нужды. Им кажется, что это чья-то бюрократическая прихоть, дань какой-то традиции, идущей от царя Гороха. Как раз пример выдающихся физиков и математиков мог бы их убедить, что это не так, что самые различные стороны человеческой духовной жизни связаны между собой глубинными всеобъединяющими связями, что нельзя достичь многого, оставаясь лишь в узких рамках своей специальности. Жаль, что преподаватели редко обращаются к этим примерам.

Впрочем, пример другого человека, пусть даже и великого, редко кого-нибудь к чему-нибудь побуждает. До всего надо дойти своим умом. В данном случае каждый должен естественным образом ощутить интерес к той же философии, к той же истории, а не заниматься ими по принуждению. Принуждение может привести лишь к обратному

результату — отбить охоту к изучению «необязательных» и «второстепенных» предметов, свести все к казенщине и формализму. И нередко сводит. Как тут быть, где выход из положения — сие неведомо.

Остается надеяться, что естественное тяготение к живому знанию окажется все же сильнее талмудистики. Во всяком случае, у действительно одаренных молодых людей. А только таким и следовало бы идти в науку. Когда же зародится и затеплится интерес к истории человеческой мысли, тогда и пример великих предшественников не окажется безразличен. Может быть, очень кстати вспомнится тогда, что Эйнштейн рано испытал глубокий интерес к сочинениям Спинозы, что Нильс Бор уже в отрочестве своем был захвачен философскими тайнами природных явлений, что в ранней юности Вернер Гейзенберг увлекся древними греками...

...В ранней юности Вернер Гейзенберг увлекся древними греками. То не был ни праздный интерес, ни обычное отроческое любопытство, ничем не направляемое. У древних философов Гейзенберг решил искать точку опоры при разрешении волновавшего его уже в то время физического вопроса: как познать законы, управляющие поведением атомов?

С одной стороны, его взору предстала философия Демокрита, согласно которой в основе всего сущего лежат неделимые материальные частицы — собственно атомы, разделенные пустотой. Эти частицы вечны, они не могут превращаться друг в друга; они не обладают никакими свойствами, кроме свойства занимать некоторое пространство (качества видимых предметов, образованных этими частицами, возникают из-за различного расположения частиц внутри каждого предмета).

С другой стороны, Гейзенберг познакомился со взглядами Платона. Внешне они как будто не особенно отличались от точки зрения Демокрита. Вселенная Платона, как мы знаем, также в конечном счете сводилась к мельчайшим невидимым частицам, имевшим форму куба, призмы, восьмигранника и двенадцатигранника (из них состояли «первоначала» — огонь, земля, воздух и вода). Однако эти частицы не были неделимыми. Они, в свою очередь, слагались из прямоугольных треугольников, равнобедренных и неравнобедренных (с углом в тридцать градусов) и могли отчасти превращаться друг в друга.

Мюнхенскому гимназисту предстояло сделать выбор между этими двумя направлениями натуральной философии древности.

К концу второго десятилетия нашего века, когда Гейзенберг вступал на научное поприще, физика ушла слишком далеко, чтобы наивные атомистические взгляды древних могли прийтись по вкусу начинающему исследователю. Благодаря открытию радиоактивности, работам Резерфорда и Бора атом уже не представлялся чем-то простым и неделимым. А теория относительности вскрыла глубокую связь между материей и пространством, так что о раздельном, независимом существовании того и другого не могло быть и речи.

Что же касается точки зрения Платона, то ее, как представлялось Гейзенбергу, вполне можно было согласовать с новейшими физическими воззрениями...

По существу, многое у Платона неясно, недосказанно. Непонятно, например, что из себя представляют «правильные тела», играющие роль частиц, — заполнены ли они чем-то внутри или же пусты; каким образом соединяются между собой треугольники, образующие эти частицы. Платона такие подробности просто не интересовали, он описывал устройство Вселенной в общих чертах. Эта недосказанность, естественно, открывает широкий простор для фантазии. Каждый может понимать ту или иную деталь, как ему заблагорассудится.

Гейзенберг истолковал платоновский «кирпичик мироздания» — треугольник как абстрактную геометрическую фигуру. Выводы отсюда следовали необычайно важные: в основе всего лежит не что иное, как математическая форма. Только исследуя ее, можно постичь глубинные связи, скрытые в природе.

В действительности Платон вполне мог считать придуманные им треугольники материальными, просто некими пластинками, ибо неясно, каким образом из бестелесного может сложиться что-то телесное (огонь, земля, воздух, вода). Однако в целом Гейзенберг верно уловил суть платоновского взгляда на устройство Вселенной — то, что Платон, как и пифагорейцы, полагал: сердцевину мироздания составляют простые и изящные математические связи и формы.

Эта точка зрения показалась глубоко симпатичной Гейзенбергу. Ведь если в фундаменте мира заложена математика, значит, у человека есть подходящий инструмент для

познавания природы. «По-видимому, пифагорейцы впервые осознали творческую силу, заключенную в математических формулах», — писал он позднее. В споре между Демокритом, с одной стороны, и Платоном и пифагорейцами, с другой, Гейзенберг решительно присоединился к пифагорейцам и Платону.

Разумеется, принимая в общих чертах точку зрения древних мыслителей, он отбросил то, что считал в их философии мистикой. Для пифагорейцев математика была «частью их религии». Такое сочетание, как говорил Гейзенберг, «затруднительно для понимания» современного исследователя. Вместе с тем он повторял снова и снова, включив математику в религию, пифагорейцы достигли решающего пункта в развитии человеческого мышления.

Но неужели и Гейзенберг, вслед за пифагорейцами и Платоном, пришел к заключению, что исследователь должен отыскивать в природе прекрасные геометрические формы, как это делал, например, Кеплер, когда он пытался найти гармонию в движении небесных тел? Конечно, нет. Вывод, который он сделал для себя, был таков: «Восприняв от античности идею о математическом истолковании порядка в природе, современное естествознание осуществляет ее, однако, другим... способом... Наука нового времени показала, что в окружающем нас реальном мире неизменными являются не геометрические формы, а динамические законы... Гармонию пифагорейцев, которую еще Кеплер надеялся найти в орбитах небесных светил, естествознание со времен Ньютона ищет в математической структуре законов динамики, в уравнениях, формулирующих эти законы».

Сами эти слова Гейзенберг также написал позднее, однако такие или похожие мысли, вероятно, пришли ему в голову уже тогда, когда он юношей читал Платона.

С этого времени «вера в простую математическую сущность всех закономерных взаимосвязей природы» сделалась для него путеводной звездой в запутанных дебрях научного поиска. А его философской платформой стало убеждение, что «в новой области опыта внутренние взаимосвязи впервые становятся понятными лишь тогда, когда удастся математически просто сформулировать господствующие в данной области законы». Такой, «ньютоновский», способ поиска «мировой гармонии» Гейзенберг провозгласил «строгим и окончательным».

Если еще некоторое время назад, подозревая совпадение взглядов современного физика со взглядами древних философов, мы готовы были счесть этого физика весьма экстравагантным мыслителем, то теперь, напротив, его подход, пожалуй, покажется нам тривиальным. Ну какой же исследователь в самом деле не стремится найти математические закономерности в изучаемых явлениях! Простые? Пожалуй, и простые: чем проще формула, тем легче ею пользоваться.

Не будем, однако, торопиться с таким заключением. Посмотрим лучше, как на деле воплощал Гейзенберг свое философское кредо, прежде всего в смутную и тревожную пору становления квантовой механики.

Летом 1922 года Вернер Гейзенберг, двадцатилетний студент Мюнхенского университета, впервые встретился с Нильсом Бором. Случилось это в Геттингене, где знаменитый датский физик читал в то время лекции. На одной из лекций, преодолев робость, Гейзенберг по какому-то поводу возразил мэтру. Хотя Бор парировал возражение, оно, по словам Гейзенберга, «несколько взволновало» его, так что после окончания дискуссии он предложил неизвестному ему до той поры мюнхенскому студенту прогуляться по заросшим лесом окрестным холмам. Эта прогулка с великим физиком, беседа с ним и определили весь дальнейший жизненный путь Гейзенберга.

Тогда же он понял, что для Бора главное в «драме идей», называемой познанием. Главное — не формулы, не математическое обрамление открываемых в природе взаимосвязей, а физическая суть постигаемого явления, которую можно представить в зримых образах. Короче говоря, с самого начала долголетнего сотрудничества Бора и Гейзенберга обнаружилось довольно глубокое расхождение между стилем мышления того и другого. Метод Бора, всегда старавшегося интуицией проникнуть в неведомый мир, обрести наглядное представление о действительности, Гейзенберг сравнивал с методами таких физиков, как Фарадей и Гиббс. Его же собственному, чисто математическому, подходу в прошлом, пожалуй, не находится удачных аналогий.

На следующий год весной Бор пригласил своего юного коллегу в Копенгаген. «Мекка физиков» и восхитила, и испугала обычно весьма самоуверенного студента. Окружавшие Бора блестящие молодые теоретики показались ему поистине суперменами, намного превосходившими его,

Гейзенберга, по уровню своего развития: каждый из них владел несколькими языками, свободно играл на различных музыкальных инструментах, обладал широкими познаниями по истории и культуре разных народов и, что главное, как казалось Гейзенбергу, гораздо лучше его понимал современную атомную физику. Стать среди них своим представлялось ему делом безнадежным. Тем удивительнее, что довольно скоро и этим обитателям физического Олимпа, которых сам же Гейзенберг вознес на недостижимую высоту, пришлось столкнуться со своеобразным подходом новичка к изучению природных явлений, подходом, который он отстаивал со всей непреклонностью.

В следующий раз Гейзенберг появился в Копенгагене через полтора года. Пора знакомства кончилась. Он приехал работать. В центре обсуждения тогда была теория распространения света в атомах. Физики пытались «если не вывести, то хотя бы угадать правильные математические соотношения по аналогии с формулами классической теории». И снова Гейзенбергу пришлось убедиться, что для Бора математическая ясность сама по себе не представляла особой ценности. «Он опасался, что формальная математическая структура скроет физическую сущность проблемы, и был убежден, что законное физическое объяснение должно... предшествовать математической формулировке».

Сам же Гейзенберг не колеблясь использовал избранный им «формальный математический» принцип, «своего рода эстетический критерий суждения», как он его называл. И добился успеха. От формул, которые ему в конце концов удалось вывести вместе с другим молодым сотрудником Бора голландцем Хендриком Крамерсом, на него повеяло «магической притягательной силой». Необычайно радостно было сознавать, что в этих прихотливых сочетаниях математических знаков, возможно, «обнаружились первые нити гигантской сети глубоких взаимосвязей».

Казалось бы, дело идет неплохо. Формулы дисперсии лежали у физиков на столе. И вообще «искусство угадывания», как говорил Борн, в ходе этой работы было доведено до высокой степени совершенства. Однако для всех было очевидно, что нельзя так вот, методом гадания, решать каждую частную проблему. Требовалась общая теория. А чтобы ее создать, необходимо было если не преодолеть полностью, то по крайней мере сократить различие в подходе. Хотя вслух никто не высказывал никаких претензий к кол

легам, по всему было видно, что напряжение нарастает.

Следующей на очереди оказалась проблема поляризации флюоресцирующего света. Как и прежде, к решению ее физики двинулись разными путями. Бор «с непревзойденной ясностью» уловил суть дела, однако Гейзенберг, «презирая всякие наглядные картины, использовал свою формальную точку зрения» на поставленную им проблему и в итоге получил результаты, которые «по своему значению шли несколько дальше работы Бора».

Вначале у Гейзенберга сложилось впечатление, что и Бор и Крамерс одобряют его работу. Увы, это было ложное впечатление. Как-то, когда все трое сошлись в рабочем кабинете Бора, Гейзенбергу пришлось выслушать от своих коллег неприятные слова о том, что его формулы неверны. Возникший по этому поводу спор выплеснулся далеко за рамки частного вопроса. Гейзенберг в весьма резкой форме выдвинул требование «отказаться от наглядных представлений» и руководствоваться этим принципом во всей дальнейшей работе. Гром грянул.

Неожиданно для Гейзенберга его требование не встретило такого ожесточенного сопротивления, какого он, по видимому, ожидал. Хотя Бор и не решился пуститься вслед за Гейзенбергом в рискованное плавание по безбрежному океану математической абстракции, против он тоже прямо не высказался.

Гейзенберговским формулам также вышло снисхождение. И Бор и Крамерс в конце концов признали их верными. Гейзенберг чувствовал себя на седьмом небе...

Как-то незадолго перед этим он с друзьями отправился на прогулку в горы. «Чем выше мы поднимались,— вспоминал Гейзенберг позднее,— тем уже становилась тропинка и тем плотнее смыкался вокруг нас туман. Вскоре мы очутились среди хаотического нагромождения скал и горных сосен. Найти между ними проход при всем желании было невозможно. Тем не менее мы решили продолжать восхождение, хотя сомневались, сумеем ли при необходимости найти дорогу назад. Но стоило нам подняться еще выше, как все вдруг изменилось. Туман местами сгустился настолько, что мы потеряли друг друга из виду и могли лишь перекликаться. В то же время впереди заметно посветлело. Светлые полосы начали чередоваться с темными. В разрыве между двумя более плотными слоями нам даже

удалось рассмотреть освещенный солнцем край высокой отвесной скалы. Нескольких таких просветов в тумане оказалось достаточно, чтобы мы смогли отчетливо представить себе окружающую нас местность. А еще через какие-нибудь десять минут мы уже стояли на перевале. Ярко светило солнце... Путь к дальнейшему подъему был совершенно ясен».

Позже Гейзенберг не раз сравнивал создание квантовой механики с этой туманной горной дорогой, на которой полосы мрака чередовались со светлыми полосами, где сама безнадежность словно бы таила в себе обещание скорого исхода... После того памятного разговора с Бором и Крамерсом ему стало казаться, что хотя туман, отделявший их от новой теории, по-прежнему был «непроницаемо плотным», впереди уже начинало светлеть.

Чем, собственно, объяснить эту нелюбовь Гейзенберга к наглядным представлениям, когда дело касалось происходящего в микромире? Только ли его любовью к чистой математике? Вряд ли. Мы ведь знаем: математика привлекла его не сама по себе, а как метод физического исследования. Идея отказа от наглядных картин в ту пору витала в воздухе. Первый толчок в этом направлении дала теория относительности. Она, например, толковала о таких вещах, как искривленное, замкнутое в самом себе пространство, о вещах, которые невозможно вообразить.

На первый взгляд это кажется странным. Человек привык считать: что-то, а воображение его не знает пределов. Недаром ведь для фантастов никогда не составляло труда перенестись в мечтах на Луну, на Марс, на Венеру, представить, что там и как. Искони в человеческом воображении жили никогда никем не виданные существа — кентавры, русалки...

Дело, однако, в том, что все воображаемое нами, каким бы фантастичным оно ни было, складывается в нашей фантазии из тех «кирпичиков», которые составляют мир, непосредственно воспринимаемый нашими чувствами, — так называемый макромир. Если мы в силах представить, как мы ходим по Венере или по Юпитеру, так это потому только, что сызмала и до конца дней своих мы ходим по Земле, — тут нет никаких принципиальных различий. Так же обстоит дело с кентаврами и русалками: их внешность, как известно, — всего лишь необычная комбинация довольно

обычных деталей — частей тела человека и животных

Что же касается искривленного замкнутого пространства, например, для него нет аналогий в привычном для нас мире, так что тщетно мы будем пытаться его вообразить. Как раз в ту пору, когда Гейзенберг и другие физики искали подходы к квантовой механике, в свет вышла книжка бесед Эйнштейна с писателем А. Мошковским. В ней великий ученый так иллюстрировал суть затруднений, с которыми мы сталкиваемся, когда пытаемся зримо вообразить, что скрывается за неведомым для нас понятием — кривизна пространства. Представьте себе, рассуждал он, что люди — двумерные существа, живущие на некоей плоскости. Все их органы строго сообразованы с этой двумерностью. Плоские люди принципиально не могут вообразить свое двумерное пространство замкнутым, даже если сделать это пространство поверхностью шара: ведь в их фантазии рождаются только плоские образы, а поверхность, по которой они ползают, безгранична и бесконечна. Точно так же и наше воображение, воспитанное на определенном опыте, не может его преодолеть и дать нам представление о кривом трехмерном пространстве, замкнутом в себе самом.

Пожалуй, еще большего отступления от привычных для человека зрительных образов следовало ожидать, когда он принялся изучать мир атома. Ничто тут не было непосредственно явлено его глазу. Однако он довольно самоуверенно уподобил атомные частицы неким шарикам, а сам атом в целом — солнечной системе, где роль Солнца играло атомное ядро, а роль планет — электроны, вращающиеся будто бы вокруг него каждый по своей орбите.

Собственно, с самого начала вторжения физиков в этот неведомый и загадочный мир природа как бы посыла-
ла им многозначительные намеки. Один из таких намеков, который должен был бы заставить их серьезно задуматься, — обнаруженные ими два лика электрона: лик частицы и лик волны. Это раздвоение словно бы подсказывало электрон — и то и другое одновременно, или, можно сказать, ни то ни другое, а нечто третье, не имеющее аналогии в зримом мире *. Однако физики долгое время не считали такую двойственность чем-то принципиальным, наде-

* Физики уверяют, что сейчас у них появились образы квантового мира, которые для них вполне наглядны. На деле, конечно, речь все-таки идет об иной наглядности, нежели та, к какой мы привыкли в классической физике

ялись через какой-то срок, по мере углубления своих знаний, преодолеть ее, свести представление об электроне к чему-то одному.

Гениальная интуиция Гейзенберга подсказала ему: возможно, те трудности, на которые в какой-то период стали наталкиваться исследователи при попытке понять происходящее внутри атома, и вызваны в значительной мере тем, что эта попытка каждый раз сопровождается конструированием зримых моделей, заведомо неправильных. Лучше уж не мудрствовать лукаво, не прибегать к сомнительному моделированию, а целиком положиться на математический подход, ибо пифагорейская истина «все вещи суть числа» явно преодолевает ограниченность человеческой фантазии и воображения.

Все вещи суть числа... Вероятно, и для Гейзенберга звучала пифагорейская музыка сфер, хотя он не раз подчеркивал, что «мы уже не находимся в таком счастливом положении, как Кеплер», который верил, что, познав мировую гармонию, можно постичь «план божественного творения». Да и сама гармония, открывающаяся современному исследователю в формулах, не так зрима, как гармония правильных платоновых тел, заключающих будто бы в себе орбиты планет.

Увы, не каждому доступна эта сегодняшняя музыка. Кто-то, следуя по стопам Гёте, может даже упрекнуть исследователей, что «поиск математической структуры явлений», которым они занимаются, «служит помехой непосредственному и целостному пониманию природы». Однако ученые и не настаивают на том, что знание математических законов мировой гармонии есть необходимое условие наслаждения этой гармонией. Гейзенберг ссылаясь на «исходное положение» учения пифагорейцев, согласно которому отчетливое понимание гармонических числовых отношений необходимо лишь тому, кто собирается сконструировать музыкальный инструмент либо же исполнить музыкальное произведение; слушатель же может и не знать этих отношений: собственное содержание музыки открывается ему как результат неосознанного духовного их восприятия (разумеется, при условии, что его слух и сердце достаточно чутки). Невольно тут вспоминается знаменитая мысль Лейбница: «Музыка есть радость души, которая вычисляет, сама того не сознавая».

Подобно этому, и природу можно понимать, «непосредственно, бессознательно воспринимая математическую структуру и воспроизводя ее в душе».

А почему, собственно, явления природы должны подчиняться простым математическим соотношениям? Отчего исследователь всякий раз надеется найти такое соотношение? Это уже более глубокие вопросы, но Гейзенберг задумывается и над ними. Увы, он вынужден признать: «Трудно указать какое-нибудь прочное основание для этой надежды на простоту, помимо того факта, что до сих пор основные уравнения физики записывались простыми математическими формулами». Так было до сих пор — вот единственное основание, чтобы предполагать, что так будет и в дальнейшем. Но никто не дал «действительно убедительного доказательства», что это должно быть именно так, а не иначе.

В поисках доказательства Гейзенберг выдвигает различные идеи. Он высказывает, например, догадку, что математика — это инструмент наподобие калейдоскопа, который из «случайного сочетания цветных стекол» создает «замысловатые узоры», то есть «нечто имеющее смысл и красоту». Однако вряд ли такая аналогия устраивает его самого. Узоры калейдоскопа — не более чем иллюзия, гармонический порядок, навязанный человеческим воображением природе, но не существующий в ней реально. Поворачивая и встряхивая эту игрушку, мы можем совершенно произвольно менять предстающий нашему глазу орнамент. Математические же уравнения, выводимые физиками, — в этом, пожалуй, никто не сомневается сегодня — вовсе не произвольны: они, хоть и приближенно, отражают реальную природу вещей.

Впрочем, все эти (или подобные им) раздумья пришли к Гейзенбергу позднее. А тогда, в начале двадцатых годов, он не особенно размышлял над столь высокими материями, просто интуиция подсказывала ему, что при данных обстоятельствах «формальный математический» метод может оказаться эффективнее других. Первые же «пробы» принесли успех. И он радовался ему почти по-детски, как радовался и тому, что его, начинающего физика, воззрения столь отчетливо перекликаются с воззрениями мыслителей, которые жили на Земле две с половиной тысячи лет назад и хрестоматийные имена которых тысячекратным эхом повторяло одно поколение за другим.

В полном соответствии со своим подходом, который

провозглашал отказ от всяких наглядных представлений и презрение к ним, Гейзенберг выдвинул новое требование: не пользоваться при построении теории понятиями и представлениями, которые не соответствуют непосредственно наблюдаемым вещам. Координаты и скорость электрона, радиус его орбиты — все это отныне признавалось неподходящим материалом для возведения новой теории, ибо никто и никогда их не видел. Вместо них следовало пустить в дело нечто эквивалентное электронной орбите атома, но действительно открывающееся исследователю в наблюдениях — амплитуды и фазы его излучения.

Собственно говоря, как полагал Гейзенберг, сходным принципом пользовался Эйнштейн, когда он, создавая теорию относительности, отказался иметь дело с такими сомнительными понятиями, как «абсолютная скорость» и «абсолютная одновременность» двух событий, происходящих в разных местах.

Гейзенберг принялся за претворение своего плана (в это время он работал в Геттингенском университете в должности приват-доцента). Тут, правда, в дело вмешалось довольно неприятное «внешнее» обстоятельство: в конце мая 1925 года он заболел сенной лихорадкой и вынужден был отправиться на лечение на остров Гельголанд, расположенный в Северном море. Однако верно говорят нет худа без добра. Здесь, в уединении, Гейзенбергу удалось продвинуться по избранному пути гораздо дальше, чем если бы он остался в Геттингене.

Еще до поездки на остров в голову ему пришла идея, какой именно математический прием следует использовать, чтобы перейти от принципиально ненаблюдаемых величин, связанных с орбитой электрона, к величинам, характеризующим излучение атома. Идея заключалась в том, чтобы вместо обычных величин, являющихся в классической теории функцией времени, использовать некие таблицы, имеющие форму «бесконечного квадрата», представляющие собой совокупность значений этих величин, соответствующих стационарным состояниям атома и его переходам из одного состояния в другое.

Но каким образом обращаться с этими таблицами? Как их складывать, перемножать? Опять-таки стараясь, чтобы новая теория как можно более походила на классическую (этого требовал принцип соответствия Бора), Гейзенберг взял за образец сложение и умножение так называемых рядов Фурье (поскольку эти ряды можно было рассмат-

ривать как приближенное математическое описание классической электронной орбиты)

Собственно говоря, почему при выводе уравнений квантовой механики следовало пользоваться именно таким громоздким и искусственным приемом? Этого ни сам Гейзенберг, ни кто другой толком сказать бы не мог. Правда, кое-какие более или менее убедительные доводы в пользу такого подхода у Гейзенберга были (некоторые из них нам известны). Однако не последнюю роль тут опять-таки сыграла интуиция. А может быть, и юношеская дерзость. Гейзенберг рассказывал однажды, что как-то они с Бором прогуливались по проселочной дороге на берегу Каттегата. Гейзенберг бросил камень, целясь в телеграфный столб, стоящий очень далеко, и неожиданно попал в него. «Теоретически попасть в столь отдаленный предмет, конечно, невозможно, — рассмеялся Бор. — Но если обладать нахальством и бросить камень в нужном направлении, рассчитывая на некоторую, пусть ничтожную, вероятность попадания, тогда, пожалуй, это может случиться. Представление, будто что-то маловероятное все-таки может произойти, бывает сильнее упражнения и сноровки».

Так и в этом случае. Шансы сделать точный бросок были, казалось бы, самые малые. Неожиданно, однако, он пришелся прямо в цель.

В подробностях дело происходило так. Оказавшись в заточении на острове, Гейзенберг попробовал применить изобретенный им математический прием для решения сравнительно простой задачи об испускании света колеблющейся молекулой. Несколько дней ему потребовалось, чтобы освободиться от «математического балласта». После этого он приступил к самому главному — попытался выяснить, можно ли скорости и координаты электрона в уравнениях классической механики безболезненно, то есть так, чтобы при этом не нарушался закон сохранения энергии, заменить придуманными им «таблицами». Когда появились первые признаки успеха, молодого физика, по его словам, охватило такое возбуждение, что он стал делать ошибку за ошибкой. Окончательный результат удалось получить лишь часам к трем ночи. Выяснилось, что закон сохранения энергии не нарушается. Сомнений больше не было: из черканных-перечерканных строчек черновиков перед глазами мало-помалу вырисовывался, восставал вполне правомочный, «непротиворечивый» вариант квантовой теории.

«В первый момент я испугался,— вспоминает Гейзенберг.— У меня возникло такое чувство, словно за внешней стороной атомных явлений мне удалось разглядеть глубоко скрытую основу, обладающую необычайной внутренней красотой. При мысли, что я стал обладателем всех этих сокровищ — изящных математических структур, которые природа открыла передо мной,— у меня захватило дух. О том, чтобы заснуть, не могло быть и речи. Начало уже светать. Я вышел из дому и отправился к южной оконечности острова. Там в море выдавалась одиноко стоящая скала... Без труда одолев высоту, я дождался восхода солнца на ее вершине».

У Гейзенберга был двойной повод чувствовать себя счастливым: он не только добился решения сложнейшей конкретной задачи, но и доказал еще раз мощь и силу своего «формального математического» подхода. Отрадно было сознавать: математика снова проявила себя «умнее» физики.

Возвратившись в Геттинген, Гейзенберг отдал рукопись подготовленной им статьи своему учителю Максу Борну, а сам вновь отправился восвояси. Борн с присущей ему пронизательностью сразу же оценил, насколько важна работа его молодого коллеги, и немедленно послал ее в печать. Однако гейзенберговские «таблицы» не давали ему покоя. Хотя этими «таблицами» можно было манипулировать так же, как простыми числами, правила этой манипуляции были несколько иными, чем в обычной арифметике. Если при сложении A и B слагаемые можно было менять местами, умножение не допускало подобную перестановку. A , умноженное на B , отличалось от B , умноженного на A . Борн старался вспомнить, где он уже мог встречать это странное арифметическое правило. И наконец вспомнил: он познакомился с ним еще в студенческие годы, когда изучал так называемое матричное исчисление. Да, да, изобретенные Гейзенбергом «таблицы» были не чем иным, как матрицами, давно известными математикам.

Так случается в науке. Ученый может не знать, что нужный ему инструмент, средство исследования уже существует, и принимается заново так и эдак придумывать и изобретать его. Как говорил в шутку Макс Борн, в пору создания квантовой механики Гейзенберг был «исключительно талантлив, но молод и невежествен». Заново изобретая не-

простой математический аппарат, который давным-давно известен, исследователь, конечно, усложняет себе задачу, однако наше восхищение им только увеличивается: мы словно бы ощущаем избыток молодой силы у гения, идущего к цели напролом.

Статья Гейзенберга пошла в печать, а сам он отправился в поездку по Голландии и Англии, довольный своим успехом. Между тем гейзенберговская математика только начинала показывать заложенную в ней мощь. Отталкиваясь как раз от того правила перемножения матриц, которое с самого начала привлекло его внимание, Макс Борн вывел странную формулу: $qp - pq = i\hbar/2\pi$. Из нее следовало, что матрицы, представляющие координату и импульс электрона, «не коммутируют» друг с другом...

Возможно, читатель спросит: что означают эти загадочные слова: « q не коммутирует с p »? Математически они означают всего-навсего, что при перемножении q и p не выполняется известный нам «коммутативный» закон арифметики, согласно которому q , умноженное на p , должно в точности равняться p , умноженному на q . Что же до физического смысла этой формулы, он долго был не ясен самим физикам. Ясно было одно: в этом пункте квантовая механика более всего отличается от механики классической.

На этот раз наступила очередь Макса Борна испытать нечто похожее на то, что испытал некоторое время назад Вернер Гейзенберг. «Мое возбуждение, вызванное этим результатом,— писал позднее Борн,— напоминало волнение моряка, который после долгого плаванья видит вдали желанную землю».

Статья Борна и его сотрудника Паскуалья Иордана появилась в том же журнале, что и статья Гейзенберга, вскоре после нее.

Летом того же, 1925-го, года Гейзенберг приехал на несколько недель в Копенгаген, «чтобы обсудить с Бором создавшуюся ситуацию». Матрицы необычайно заинтересовали датчанина. Теперь он уже не мог возражать против «радикального отказа от наглядных представлений», хотя чисто математический подход к физическим задачам был глубоко ему чужд, так же, как Эйнштейну была чужда идея статистической причинности. Среди учеников и со-

трудников Бора ходила даже шутка, что он знает только два математических знака: «меньше, чем...» и «приблизительно равно...» Более серьезно фон Вейцсеккер говорил по тому же поводу: «Выдающиеся математические способности или даже виртуозность в той мере, в какой ими обладают многие из его учеников, ему не даны». Но дело, конечно, не в выдающихся математических способностях. Этим даром в общем-то не обладал и Гейзенберг. Он даже признавался искренне, что, беседуя в тот раз в летнем доме Бора с Нильсом, его братом Харальдом и английским математиком Гарольдом Харди, не успевал следить за ходом мысли своих собеседников, так как его познания в математике «были слишком ограниченными». Дело в другом — в том, что, по словам того же фон Вейцсеккера, Бор «мыслил наглядно и с помощью понятий, но не собственно математически». Такова была природа его дарования. И уступая Гейзенбергу, жертвуя для него наглядностью, он, по сути дела, «становился на горло собственной песне».

Впрочем, после того как математические подступы к теории были разведаны, предстояло так или иначе объяснить получаемые странные формулы с помощью физических понятий, по крайней мере для того, чтобы научиться пользоваться этими формулами при любых обстоятельствах. И эта сторона дела оказалась не менее трудной, чем чисто математическая. Выяснилось, что в ту памятную ночь на Гельголанде Гейзенбергу открылся только некий просвет на окутанной туманом горной дороге, но еще не самый путь к вершине. Так по крайней мере сам он оценивал позднее положение вещей.

Оставаясь лишь математической схемой, квантовая теория была совершенно беззащитна перед критикой, хотя сама по себе ее математика и была безупречна. Особенно отчетливо Гейзенберг осознал это, встретившись как-то с Эйнштейном. Эйнштейн пристрастно расспрашивал молодого физика о его работе и как бы между прочим указал на одно странное, с его точки зрения, обстоятельство: авторы новой теории не возражают, что в камере Вильсона можно наблюдать траекторию электрона, и вместе с тем, как это ни странно, они утверждают, что внутри атома траектории электрона не существуют.

Гейзенберг вынужден был признать, что тут в теории действительно зияет дыра. Однако это дыра особого рода «В настоящее время мы не знаем, на каком языке следует говорить о явлениях, происходящих в атоме,— говорил

Гейзенберг,— однако у нас уже есть математический язык, то есть математическая схема, с помощью которой мы можем вычислять стационарные состояния атома или вероятности перехода из одного состояния в другое. В то же время мы еще не знаем, по крайней мере для общего случая, каким образом наш математический язык связан с обычным языком. Но чтобы мы могли применять теорию к эксперименту, знать эту взаимосвязь совершенно необходимо, поскольку об эксперименте мы всегда говорим на обычном языке, то есть на существовавшем ранее языке классической физики. Таким образом, я не могу утверждать, что мы уже поняли квантовую механику. Только после того, как нам удастся установить связь между математической схемой и обычным языком, можно будет надеяться, что и о траектории электрона в камере Вильсона мы сумеем говорить так, чтобы не возникало никакого противоречия».

Короче говоря, то, что предстояло сделать физикам,— это создать «словарь» для перевода с математического языка на язык повседневный.

Встреча Гейзенберга с Эйнштейном состоялась весной 1926 года, когда Гейзенберг приехал в Берлин, чтобы сделать доклад в местном университете (собственно, он и предпринял эту поездку в надежде познакомиться с «носителями громких имен», среди которых, кроме Эйнштейна, были Планк, фон Лауэ, Нернст...). Беседа касалась не только квантовой механики, но и более общих философских вопросов, в том числе вопроса о простоте физических законов, который всегда необычайно волновал Гейзенберга.

Как, собственно, следует понимать эту простоту? В субъективном или объективном смысле? Не однажды слыша, что в теории относительности Эйнштейн использовал некоторые идеи Эрнста Маха, Гейзенберг спросил великого физика, что он думает о маховском принципе экономии мышления. Не считает ли он, что наше неизменное тяготение к простоте в самом деле объясняется неосознанным стремлением к такой экономии.

Оказалось, что этот вопрос живо интересует и Эйнштейна. Причем несколько неожиданно для Гейзенберга о концепции Маха он отозвался неблагоприятно, заметив, что в представлении Маха понятие простоты приобретает «подозрительно коммерческий характер» и «субъек-

тивную окраску» («экономия мышления»!). «В действительности,— говорил Эйнштейн,— простота законов природы также является объективным фактом, и при правильном образовании понятий субъективная и объективная стороны простоты должны находиться в равновесии». Впрочем, достичь такого равновесия, добавил Эйнштейн, необычайно трудно.

Поразительно все-таки, какие пересечения человеческих судеб, дорог, идей случаются в жизни! Идя на встречу с Эйнштейном, Гейзенберг и подумать не мог, что встретит в его лице не только придирчивого критика, но и человека, мысли которого столь близки его собственным мыслям. Конечно же, математическая простота, открываемая исследователем, есть некий эквивалент простоты, заключенный в самой природе. Как же иначе? Взволнованный столь близким совпадением их взглядов, Гейзенберг, что называеся, на одном дыхании выпалил все, что он думал по этому поводу. «Я, так же, как и вы,— говорил он,— считаю, что простота законов природы имеет объективный характер и что речь идет не только об экономии мышления. Если в процессе изучения природы нам удастся прийти к математическим формам, обладающим большой простотой и изяществом... формам, не приходившим ранее никому в голову, можно с уверенностью сказать, что они «верны», то есть отражают нечто реально происходящее в природе. Эти формы могут описывать и наше отношение к природе, и содержать в себе определенный элемент экономии мышления. Однако, поскольку эти формы не могут быть выведены чисто логическим путем, нам остается лишь извлекать их из природы. Таким образом, эти формы следует считать не только частью наших представлений о реальности, но и частью самой реальности».

«Вы можете обвинить меня в том,— продолжал Гейзенберг, все более воодушевляясь,— что, говоря о простоте и изяществе теории, я прибегаю к эстетическому критерию истины. Должен признаться, что простоту и изящество математической схемы, подсказанной нам природой, я в самом деле считаю весьма убедительным доводом, свидетельствующим о ее правильности. Вам, вероятно, также довелось испытать то близкое к ужасу чувство, которое охватывает при виде внезапно открываемой природой простой и изящной взаимосвязи явлений. Чувство, сопровождающее подобные озарения, полностью отличается от радости, испытываемой от сознания удачно выполненной

работы, независимо от того, относится ли она к области физики или нет».

Впрочем, произнеся этот монолог, Гейзенберг тут же почувствовал, каким пророческим было замечание Эйнштейна, что соблюсти равновесие между субъективным и объективным, когда речь заходит о простоте физических законов, необычайно трудно. Ему показалось, что чаша весов в ходе его рассуждения качнулась в сторону объективного: ясно ведь, что правильность теории в первую очередь проверяется экспериментом, а не такими отвлеченными категориями, как простота и изящество. Поэтому он поспешил поправить дело, связав эти два критерия. «Простота математической схемы,— сказал он,— приводит к важному следствию: она позволяет продумать множество экспериментов, результат которых может быть... заранее предсказан теорией. После того как эксперимент будет проведен и предсказанный... результат подтвердится, можно не сомневаться, что теория в своей области правильно описывает явления природы».

На это Эйнштейн заметил сухо: «Экспериментальное подтверждение, разумеется, является тривиальной предпосылкой правильности теории. Однако никогда нельзя проверить все». Именно поэтому более интересно для него то, что Гейзенберг сказал по поводу простоты теории как таковой, хотя он, Эйнштейн, и не возьмется утверждать, что действительно понял, какое отношение имеет сказанное к простоте законов природы.

В тот момент Гейзенберг мог с легким сердцем обсуждать вопросы, насколько красота и изящество математической схемы говорят о правильности теории: математический остов квантовой механики был к этому времени уже построен, и Гейзенберг пребывал в полной уверенности, что найденные формулы точно отражают суть вещей. Его метод сработал, оправдал возлагавшиеся на него надежды. Теперь можно было и порассуждать о нем, не поддаваясь знакомому многим исследователям суеверному чувству: а ну как еще не получится! Все позади. Задача решена. Так воин рассматривает и поглаживает свое оружие в виду дымящегося еще поля выигранной битвы.

Впереди же предстояло иное сражение, собственно, даже не сражение, а освоение отвоеванных у противника областей. Дело тоже нелегкое. Однако здесь, естественно,

требовалась уже другая стратегия. В общих чертах Гейзенберг наметил к этому времени и ее: следуя своему общему правилу, которое до сих пор оправдывало себя, он будет до последнего держаться за найденную им и его коллегами математику, стараясь как можно меньше прибегать к каким-либо дополнительным понятиям и представлениям. Однако поскольку основная «кампания» еще только ожидалась, он предпочитал не распространяться об этой стратегии. В разговоре с Эйнштейном он ограничился лишь тем, что выразил надежду: дескать, с трудностями, возникшими в ходе создания квантовой механики, надо полагать, в конце концов удастся справиться.

Вскоре в жизни Гейзенберга случилось важное событие. В Копенгагене освободилось место ближайшего со трудника Бора Хендрика Крамерса, который вернулся к себе на родину, в Голландию. Для Бора не было ничего более естественного, как пригласить на это место Гейзенберга.

И началась заключительная страница одной из великих эпопей в физике XX века.

Кто наблюдал за работой физиков-теоретиков, не понимая смысла этой работы, тот легко может прийти к заключению, что они попросту бездельничают. Нельзя же действительно считать трудом многочасовые бесцельные прогулки по каким-то заброшенным окольным дорогам швыряние плоских камешков с морского берега, азартную игру в пинг-понг и бесконечные разговоры, разговоры, разговоры... Невдомек такому человеку, что во время этих прогулок и игр в мозгу каждого из физиков идет непрерывная напряженная работа мысли. Ее нельзя замедлить или ускорить административным одергиванием или понуканием. Скорость ее движения подчиняется каким-то внутренним тайным регуляторам, которые вдруг пускают ее на «полный вперед» или, напротив, переводят на «малый ход». Невдомек непосвященному, стоящему поодаль и то, что не только шарик пинг-понга перелетает от партнера к партнеру во время игры, нередко, подобно шарiku, с одной стороны на другую летят аргументы в бесконечном абстрактном споре, которые либо легко отбиваются противником, либо, если они сокрушительны и неожиданны, изменяют счет в пользу того, кто произвел удар.

В институте Бора любили пинг-понг, играли усердно

вдосталь, так что на полу по обеим сторонам стола даже образовались углубления от множества топтавшихся на этом месте ног

Нет сомнения, что никакой пол не выдержал бы и того интеллектуального соревнования, которое непрерывно, в течение нескольких месяцев, вели между собой Нильс Бор и Вернер Гейзенберг, обсуждая головоломные проблемы новой физической теории (если бы, конечно, удалось найти такому соревнованию какой-то физический эквивалент). Где бы они ни оказывались вместе — в рабочем кабинете Бора, на улице, в институтском буфете, в мансарде у Гейзенберга, — повсюду речь заходила об одном и том же: каким образом применять математическую схему квантовой механики в конкретных экспериментах, реальных или воображаемых? Этот вопрос они задавали себе и друг другу, наверное, тысячу раз. Даже во сне мысль каждого словно бы продолжала работать, так что сон не приносил желанного отдыха. Наконец старший по возрасту Бор не выдержал этого изнурительного состязания и уехал отдыхать в Норвегию.

Эта незначительная перемена обстоятельств как бы послужила внешним толчком, благодаря которому проблема, уже достаточно «обстрелянная», сдвинулась наконец с места. Еще до отъезда Бора в отпуск Гейзенбергу во время одной из его ночных прогулок по прилегающему к институту парку (он взял за привычку совершать такие прогулки каждый раз после ежевечерних ожесточенных споров) пришла на ум счастливая догадка: тупик, в котором они оказались, объясняется тем, что сама формулировка проблемы, как они пытались ее решить, преждевременна, раньше надо постичь какие-то более общие истины. Вернее, догадка состояла даже не в этом: мысль о неправильной постановке проблемы сама по себе еще не конструктивна. У него мелькнула идея: не следует ли предположить, что природа допускает только такие экспериментальные ситуации, которые можно описать формулами квантовой механики?

Сначала эта идея кажется тривиальной: ну да, разумеется, если формулы верны, то результаты экспериментов всегда должны соответствовать им и только им. Это требование неукоснительно действует и в классической физике. Сколько бы мы ни умножали массу какого-нибудь тела на ускорение свободного падения, в каком бы порядке мы ни располагали сомножители, результат будет всегда один

и тот же — цифра, равная весу тела. Но ведь речь идет не о *результатах* эксперимента, а об экспериментальной *ситуации*! Это уже действительно что-то новое. Формулы определяют ситуацию... Каким же образом? Мы видели, в чем принципиальное отличие формул квантовой механики от формул механики классической: в одних закон коммутативности соблюдается, в других — нет. Так вот, не следует ли предположить, что в микромире (в отличие от макромира) природа допускает только такую постановку эксперимента, при которой порядок измерения величин (и следовательно, порядок подстановки их в формулы) небезразличен для получаемого результата? Недаром же, например, q , умноженное на p , отличается в борновской формуле от p , умноженного на q !

Со стороны Гейзенберга предположить такое было несравненно бóльшим нахальством, как сказал бы Бор, чем выдвинуть идею матриц (не зная к тому же, что они так называются). В конце концов в его матричной механике излюбленная им математика претендовала лишь на то, чтобы правильно предсказывать результаты экспериментов, претензия, не выходящая за рамки обычного. Здесь же математика диктовала неслыханную философию, согласно которой результаты наблюдений ставились в зависимость от действий наблюдателя. Воистину это уже не помещалось ни в какие рамки.

Мало-помалу, однако, стало выясняться, что претензии математики не столь уж безосновательны. В отсутствие Бора Гейзенберг задумался над тем экспериментом по измерению положения и импульса частицы, о котором уже шла речь в предыдущей главе. Если мы в первую очередь определяем координату частицы, наш прибор неизбежно изменит ее импульс, так что мы уже не сможем точно его измерить. И наоборот, если мы начнем с измерения импульса частицы, будет нанесен ущерб последующему определению ее координаты. Вот когда сделался прозрачен физический смысл мудреного математического понятия «некоммутативность». Опять гейзенберговская математика проявила себя «умнее» физики.

Гейзенберг не ограничился тем, что постиг качественную сторону дела, он вывел и количественное соотношение, так называемое соотношение неопределенностей. Согласно этому соотношению, как уже говорилось, произведение вероятных ошибок при измерении координаты и импульса никогда не может быть меньше некоторой величины.

Стремясь перед возвращением Бора (и его неизбежной критикой) заручиться чьей-то весомой и авторитетной под держкой, Гейзенберг написал о своих идеях Вольфгангу Паули. Ответ Паули оказался намного оптимистичнее, чем Гейзенберг мог ожидать. «Да будет в квантовой механике день!» — таков был его приблизительный смысл.

Теперь можно было не опасаться возражений и критики. Наконец-то после долгих блужданий в тумане, по заваленным булыжниками горным тропам перед физиками действительно открылась сияющая вершина.

В тридцатые годы, мы помним, Гейзенберг написал знаменательные слова, что, восприняв от древних греков идею о математическом истолковании порядка, существующего в природе, современное естествознание воплотило ее, однако, другим способом, нежели это делали пифагорейцы, Платон или даже гораздо позднее Кеплер. Если прежде мировую гармонию искали в орбитах небесных светил, в форме вечных и неразрушимых атомов, то со времени Ньютона наука открывает ее «в математической структуре законов динамики, в уравнениях, формулирующих эти законы». Гейзенберг подчеркивал при этом, что, по его мнению, такой способ претворения стародавней идеи «строгий и окончательный».

Что же это, собственно, такое — гармония и красота математических форм? Как отличить «красивую» формулу от «некрасивой»? Когда мы сравнивали друг с другом два варианта уравнений Максвелла — предварительный и окончательный, там это было понятно: в завершенном виде уравнения выглядели несравненно симметричнее. Еще более возростала их симметрия в записи Хэвисайда.

Если же говорить о математической красоте, как ее понимал Гейзенберг, когда он писал приведенные только что слова, здесь, пожалуй, перевешивало субъективное. Конечно, формула квантовой механики. $qr - pq = i\hbar/2\pi$ в самом деле проста и изящна. Однако, говоря строго, мы не располагаем в этом случае какими-либо четкими критериями красоты, мы не можем сказать, чем именно отличается «красивое» уравнение от «некрасивого».

Увеличится ли, например, изящество математического соотношения, связывающего q и p , если в числитель выражения, стоящего в правой части, мы добавим какой-нибудь коэффициент k ? Или, напротив, еще более упростим это

соотношение, зачеркнув в числителе величину i ? Вы можете ответить, что по логике вещей всякое добавление делает формулу менее красивой, поскольку оно усложняет ее; и наоборот, всякое сокращение числа математических знаков добавляет ей красоты, ибо делает ее проще. Боюсь, однако, что физик, тонко чувствующий внутреннее изящество той или иной математической формулы, не согласится с вами и сочтет, что вы чересчур утрируете проблему. Положение здесь примерно такое же, как если бы кто-то предложил сделать Джоконду Леонардо да Винчи еще прекраснее, убрав с портрета какую-нибудь деталь, например шарф, брошенный на плечо Моны Лизы...

Собственно говоря, вообще оценка красоты математических формул, по-видимому, должна быть аналогична оценке произведений искусства. В искусстве ведь тоже нет вполне строгих мерок для измерения степени красоты. Там тоже вы не сможете вполне вразумительно сказать, чем одно произведение лучше другого, например, чем тот же портрет Джоконды лучше других женских портретов, тоже принадлежащих первоклассным мастерам. Поэтому, если вы не очень хорошо разбираетесь в тонкостях живописи, для вас более разумным будет довериться суждениям знатоков.

И все-таки искусство — это искусство, а наука — это наука. Когда речь идет, например, о живописи или скульптуре, отсутствие строгих критериев оценки никого особенно не беспокоит (во всяком случае, таким было до сих пор общее правило). В науке же, чего бы ни касалось там дело, всякая неопределенность вызывает ощущение неудобства, неловкости, осознанное или неосознаваемое.

В известной мере это можно было отнести и к гейзенберговскому критерию математической красоты. Особенно странным казалось, что, повсюду декларируя свою приверженность традиции Платона, ученый в общем-то не следовал этой традиции до конца. Гейзенберг всегда подчеркивал, что древнегреческий философ в основу своего учения о сущем положил математическую форму. Но ведь это была не просто математическая форма — это была *симметричная* форма. В качестве «кирпичей» мироздания Платон использовал равнобедренные и равносторонние треугольники — обладающие симметрией плоские геометрические фигуры. Из них, в свою очередь, складывались «правиль-

ные» тела — пирамида, куб и т. д. — фигуры, являвшие образец уже объемной симметрии. Короче говоря, эстетические критерии Платона выгодно отличались от эстетических критериев Гейзенберга своей определенностью. Ибо если заранее условиться, что все симметричное красивее, чем несимметричное, тогда сравнивать между собой различные формы с целью оценки их красоты, естественно, будет не трудно.

Подобным же образом и пифагорейцы, которым также следовал Гейзенберг, считали прекрасным не всякое численное соотношение, а лишь такое, которое соответствует гармоническому звучанию. Тоже критерий красоты вполне определенный.

Не исключено, что Гейзенберг с самого начала мечтал о такой же степени строгости эстетических критериев. Однако в двадцатые и тридцатые годы физика как будто не давала для этого особенных поводов. Больше того, провозглашая «строгим и окончательным» способом воплощения идеи гармонии поиск динамических законов природы, он как бы навсегда отказывался от этих мечтаний.

Со временем, однако, развитие науки неожиданно двинулось в желанном направлении. В пятидесятые годы были сделаны открытия, которые породили среди физиков усиленные разговоры о симметрии. Гейзенберг обратил на нее особое внимание после того, как его давний друг Вольфганг Паули, к мнению которого он привык прислушиваться и работы которого высоко ценил, обнаружил математическую симметрию волнового уравнения нейтрино. Эта найденная Вольфгангом Паули симметрия натолкнула Гейзенберга на мысль, что, возможно, она «обладает значением, выходящим за рамки уравнения нейтрино», и что, по-видимому, математическая симметрия играет особенно важную роль в теории элементарных частиц и вообще в физике.

Надо сказать, что вообще это не было каким-то открытием. Подобная мысль давно уже витала в воздухе. Например, еще в 1930 году англичанин Поль Дирак писал, что в теоретической физике появился новый метод, суть которого составляет все более широкое применение теории групп (то есть групп симметрии). Но в конце концов всякому важно «своим умом» дойти до истины. Так и Гейзенберг сделал важное открытие для себя.

С этой поры, проводя аналогию между взглядами Платона и представлениями современной физики, он уже не ограничивается разговором просто о математических фор-

мах, лежащих в основе всего существующего, он неизменно подчеркивает это слово — симметрия. Уравнения, описывающие динамические законы, полагает он, должны быть не просто красивы внутренней потаенной красотой, понятной искушенному человеку, они должны проявлять свойства симметрии.

Это уже вполне определенный критерий математического совершенства и красоты, хотя под симметрией здесь понимается нечто совсем другое, чем внешняя симметрия, которая будто бы подсказала Максвеллу окончательный вид его уравнений.

В новом понимании симметрия уравнения означает, что оно останется справедливым и после того, как переменные, в него входящие, будут заменены другими, подсчитанными согласно некоторым математическим правилам. Например, можно сказать, что уравнения механики симметричны относительно преобразований Лоренца; они останутся верными, если входящие в них величины x , y , z (расстояние), t (время), m (масса) пересчитать по формулам:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}; \quad y' = y; \quad z' = z;$$

$$t' = \frac{t - (v/c) \cdot x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}; \quad m' = \frac{m}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Вновь подсчитанные величины x' , y' , z' , t' и m' будут представлять собой значения расстояний, времени и массы в новой системе координат, которая движется равномерно и прямолинейно относительно старой со скоростью v .

Физика словно задалась целью подкрепить излюбленную Гейзенбергом аналогию. Согласно воззрениям Платона, различные «первоначала» материи могут превращаться друг в друга, но при этом нельзя сказать, что «первоначала» одного элемента, например воздуха, состоят из «первоначал» других элементов — допустим, воды или огня. Нет, превращения возможны благодаря тому, что в основе всех «первоначал» одинаковые геометрические фигуры — равносторонние треугольники. Сходное положение и в современной физике. Когда в ускорителе один протон, сталкиваясь с другим, как бы делится на части, эти части — поразительный факт! — не меньше, не легче «исходного»

протона. Так что даже слово «делится» здесь не применимо. Все «элементарные» частицы словно бы равноправны между собой. В основе их взаимных превращений лежат некие математические формы. Теперь выясняется — симметричные математические формы. Как у Платона.

Конечно, сходство здесь чисто внешнее. Современная наука в корне отличается от представлений древних мыслителей. Прежде всего своей строгостью, «которая была совершенно чужда греческим философам». Со времен Галилея и Ньютона физики «принимают теории только тогда, когда они действительно отображают эксперименты во всех частностях».

И все-таки симметрия — не та наглядная симметрия, о которой писал Платон, а значительно более отвлеченная, не передаваемая с помощью непосредственных образов, — отныне должна служить для теоретиков таким же ориентиром, как и данные экспериментов. Гейзенберг убежден в этом.

Теперь все помыслы ученого направлены на то, чтобы отыскать ту симметричную математическую форму, тот заветный платонов треугольник, который лежит в основе превращений элементарных частиц, вообще в основе строения материи. Собственно говоря, он ставит перед собой такую же грандиозную задачу, какую ставил и Эйнштейн в последний период своей жизни, однако заходит с другого конца. Он уверен, что такая задача не преждевременна, что огромного количества экспериментальных данных, накопленных за последние десятилетия, достаточно, чтобы сформулировать теорию «корпускулярной» материи, которая одновременно была бы и единой теорией поля.

Наконец 25 апреля 1958 года на проходившем в Берлине заседании, посвященном столетию со дня рождения Макса Планка, он представляет присутствующим уравнение, которое, «выражаясь осторожно, по крайней мере, на первый взгляд», выглядит, по его словам, «таким образом, как будто бы оно выражает все известные свойства элементарных частиц и является истинным уравнением материи».

На этот раз красота и изящество, заключенные в гейзенберговской математике, отнюдь не субъективны. Его уравнение симметрично относительно ряда преобразований, в том числе преобразований Лоренца, преобразований

в пространстве Гильберта... Он убежден, что наткнулся на математические структуры «совершенно необычной простоты, завершенности и красоты». И именно это, по его мнению, не в последнюю очередь свидетельствует о правильности уравнения.

Помня тот скептицизм, с каким большинство физиков относилось к работе Эйнштейна над единой теорией поля, Гейзенберг торопится дать необходимые разъяснения, чтобы его собственная работа не казалась слишком претенциозной. Многим кажется фантастической, замечает он, сама мысль о том, что все явления природы могут быть выражены одним уравнением. Но речь идет отнюдь не обо всех явлениях природы. Единая теория поля намечает «рамки» только для всех *физических* явлений. При этом, однако, выведенное им уравнение не определяет полностью законы, действующие и во всех областях физики. Чтобы вывести такие законы, например законы электромагнетизма, радиоактивности и гравитации, необходимо уточнить космологическую модель мира.

Несмотря на все эти оговорки, Гейзенбергу не удалось предотвратить скептическое отношение к своей теории. Его старый учитель Макс Борн заметил несколько иронически: «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».

Нильс Бор также отнесся к теории Гейзенберга с недоверием. Именно по ее поводу были сказаны его знаменитые слова, что эта теория «недостаточно безумна», чтобы быть верной.

Другие физики, хотя и находили идеи Гейзенберга полезными и «стимулирующими», отмечали все-таки, что о законченной единой теории материи пока еще говорить рано. Некоторые из них находили в его работе органические недостатки, полагая, например, что при выводе единого уравнения материи с самого начала следует учитывать гравитацию и асимметрию Вселенной...

Все свидетельствовало о том, что великая эпопея двадцатых годов, в которой Гейзенберг сыграл столь блистательную роль, на этот раз не повторилась.

Заключение



Откуда это пошло? Где исток и начало представления, что физический мир, который нас окружает, создан по законам красоты?

Трудно с точностью ответить на такой вопрос. Самый ранний след этой идеи находим мы у мудрецов Древней Эллады. Кто, однако, может поручиться, что эллины не заимствовали ее у еще более древних цивилизаций? Мысль о прекрасном устройстве мироздания неминуемо должна была прийти в голову тому, кто приписывал его сотворение некоему разумному и всесильному существу.

Вот, однако, беда: видимый, окружающий человека мир земной природы вовсе не был таким уж прекрасным, каким он, казалось бы, должен быть, если считать его произведением искуснейшего архитектора. За исключением частных случаев, весь он представлял собой хаотическое нагромождение случайного и преходящего. Как разрешить такое противоречие? Над этой задачей, надо полагать, бились многие незаурядные умы. Объяснения предлагались разные. Во-первых, была высказана догадка, что красота мироздания по воле того самого архитектора не явлена обнаженно, но скрыта завесой тайны, расшифровать которую, быть может, предстоит мудрейшим из мудрейших. Во-вторых, Вселенную предлагалось рассматривать не целиком, а частями — отдельно небо и землю: небо, космос безоговорочно признавалось воплощением красоты, ведь там, в отличие от земли, не виделось ничего «неправильного», случайного (если же что «неправильное», нерегулярное и появлялось, например комета, это не бывало относимо к прекрасному и неизменному зданию Вселенной, но считалось особым знаком, который посылают людям боги).

В соответствии с принципом красоты-тайны философы знаменитой школы Пифагора высказали идею, что в основу гармонии мироздания положено число. Это было вполне логично, поскольку выяснилось, что, с одной стороны, число тесно связано с реальным физическим миром (все в нем поддается счету), а с другой — существует как бы отдель-

но от него, чуждо земному хаосу, не подвержено разрушению и тлену.

Позже, когда была открыта связь между числом и музыкой, эта мысль сделалась более конкретной: красота мира усматривалась не просто в числе, но в неких численных соотношениях, соответствующих музыкальным тонам

«Гипотеза» о «музыке сфер» оказалась необычайно соблазнительной и живучей. Даже спустя две тысячи лет она сумела захватить воображение Кеплера. С тем большей легкостью вновь и вновь возрождалась она к жизни по прошествии более коротких сроков со времени своего возникновения.

Одним из первых подхватил эту «гипотезу» Платон. Да не только эту, но и другие. Перемешал их со своими собственными в том же духе. Для него, как и для пифагорейцев, не существовало вопроса: «Прекрасен ли мир?» Разумеется, прекрасен! «Невозможно ныне и невозможно было издревле, чтобы тот, кто есть высшее благо, произвел нечто, что не было бы прекраснейшим...»

Не подлежит сомнению: греки с их взглядом на мир как на что-то в высшей степени прекрасное и совершенное оказали сильное влияние на Коперника и на Кеплера. Но есть все же принципиальная разница между представлением о природе, диктуемым вольным полетом фантазии, и представлением, которое стремится опереться на реальные наблюдения. Короче говоря, есть принципиальная разница между мифотворчеством и наукой. И если мы так подробно говорили о пифагорейцах и Платоне, это лишь для того, чтобы показать начало, истоки той идеи, чью «замечательную жизнь» мы исследуем. В целом же нас более всего интересует, как уживается эта идея с собственно научным мышлением, есть ли это своего рода атавизм, передаваемый по наследству от одного поколения ученых к другому, или же она органически свойственна их образу мыслей. И наконец, есть ли в самой природе нечто такое, что дает реальный повод считать ее прекрасной.

...Коперник. В юношеские годы он почувствовал неодолимую жажду посвятить себя тем наукам, «которые исследуют круг предметов, наиболее прекрасных и наиболее достойных познания». Таковыми предметами он считал «чудесные обращения во Вселенной и бег звезд, их размер и расстояния, их восход и заход, а также причины всех иных небесных явлений».

Взяться за пересмотр учения Птолемея его также побу-

дила «эстетическая» причина: система мироздания, построенная великим александрийцем, представлялась ему чрезмерно сложной и искусственной. Коперник вознамерился объяснить видимое движение планет более простым и естественным способом. Он был уверен, что такого объяснения он сможет добиться, поместив в центр мироздания не Землю, а Солнце.

Жажда исследовать прекрасный и гармоничный мир, стремление руководствоваться высокими эстетическими критериями при его объяснении служили для Коперника мощным побудительным стимулом в его трудах. Но одно временно тот же взгляд на мироздание — как на своего рода шедевр строительного искусства — сделался и препятствием на его пути. Это была трагедия. Убежденность, что только «самая совершенная» геометрическая фигура — круг — может быть формой орбиты, по которой обращается планета, что только равномерное движение подходит для нее, не позволили ученому достичь того идеала простоты, к которому он стремился: в конце концов его система оказалась лишь немногим проще, чем система Птолемея.

...Если бы юный Кеплер обратился в какое-нибудь современное учреждение, чья задача — профессиональная ориентация молодых людей (представим себе такую возможность), ему, вероятно, посоветовали бы стать кем угодно, только не ученым. Пылкий фантазер, мечтатель, поэт, он мало отвечал тому шаблонному образу научного работника, который прочно сложился ныне у каждого в голове. Да, впрочем, уже и в то время Кеплер многим казался странным в роли естествоиспытателя.

С самых первых своих шагов он поставил перед собой, как мы теперь знаем, ложную цель — отыскать мировую гармонию в движениях светил. Но цель была величественна, грандиозна. Благодаря ей Кеплер исполнился великого терпения и мужества, позволявших ему смиренно проделывать неслыханной тяжести вычислительную работу, покорно сносить одно поражение за другим (впрочем, некоторые поражения он принимал за успех).

Однако успех ожидал его на пути ином — как раз на пути решения ограниченной, частной задачи, связанной с построением «теории» Марса. Такую задачу поставил перед ним его учитель Тихо Браге. Продвигаясь этой дорогой, Кеплер не только открыл два из трех своих знаменитых законов движения планет, но, открыв их, тем самым

разрушил древнее пифагорейское представление, что только круг может быть орбитой планет. Он пришел к заключению: на самом деле орбита — эллипс. Ирония судьбы: тот, кто более всего заботился о гармонии, нанес ей наиболее ощутимый удар.

Что же двигало Кеплером при исследовании движения Марса? Остепенился ли он? Изменил ли своим юношеским порывам? Вовсе нет. Тайным желанием его, по-видимому, было поскорее освободиться от навязанной ему работы и вновь заняться любимым делом — поиском мировой гармонии.

Наконец этот момент настал. Своему излюбленному занятию Кеплер отдался с еще большим упоением, чем прежде. По счастью, на этот раз поиск гармонии оказался совместимым с рациональной научной целью — окончательным выяснением числовых закономерностей, которым подчиняются планеты при своем обращении вокруг Солнца. Ибо на этот раз подозрение пало как раз на эти закономерности: возможно, именно они заключают в себе гармонию. Естественно, чтобы узнать это достоверно, надо было сначала их открыть. И ученый открыл в дополнение к двум предыдущим свой третий закон.

Сам он отнесся к этому открытию довольно равнодушно, во всяком случае без свойственной ему пылкости и восторга: впереди уже близко маячила, звала его желанная гармония. Свои законы он просто использовал как подручное средство, как инструмент при разгадке тайны мировой красоты. Подлинное, неопишемое счастье он пережил, когда ему вновь показалось, что он нашел наконец заветные пифагорейские пропорции...

...Полная противоположность Кеплеру — Галилей. Ученый, стремящийся к «положительному» знанию, чуждый каким бы то ни было фантазиям, он своими открытиями разрушал одно за другим вытекавшие из богословских догм и ограниченного опыта представления об идеальных качествах, свойственных будто бы небесным телам.

Галилей же привык доверять прежде всего непосредственно наблюдаемому в реальной природе, а не привносить туда нечто, рожденное в человеческой голове, ибо, твердил он, «природа сначала создала вещи по своему усмотрению, а затем создала умы человеческие, способные постигать (и то с большим трудом) кое-что в ее тайнах».

Тем более странным кажется, что при таком недоверии ко всякого рода умозрительным гипотезам (в этом отноше-

нии он был предтечей Ньютона с его знаменитым принципом-заклинанием «Гипотез не измышляю») Галилей так легко и доверчиво воспринял мысль о круговых орбитах планет как наиболее отвечающих будто бы мировому порядку. И это при том, что к тому времени Кеплер уже установил: орбиты планет — не круги, а эллипсы.

Одна из возможных причин подобной непоследовательности — та, что у Галилея вообще сложилось несколько скептическое отношение к образу мышления Кеплера (мы ведь знаем: причин для того было довольно). И напротив, его преклонение перед Коперником не ведало пределов. Он им восторгался, он его боготворил. Нельзя исключить, что на этот раз личные привязанности и симпатии оказались сильнее рациональных принципов и аргументов.

...Древняя пифагорейско-платоновская традиция, предписывающая исследователю поиск общих принципов мировой гармонии, нашла истинного своего хулителя и губителя в лице Ньютона. Изучать мир таким, каков он есть, черпать знания непосредственно «из явлений», не мудрствовать и не умствовать лукаво — таков был в общих чертах его девиз. Самым ненавистным для него словом была гипотеза. Любая гипотеза, в том числе и та, что предполагает красоту в том или ином явлении и закономерности. «Гипотезам... метафизическим, физическим, механическим... — говаривал Ньютон, — не место в экспериментальной философии».

В наше время нам иногда кажется, что есть в этой неприязни и ненависти что-то донкихотское. Что-то от сражения с ветряными мельницами. Однако дело предстает совсем иначе, если мы соотносим эту черту ньютоновского характера с условиями той эпохи, в которую жил ученый. То было время становления науки. Твердая почва подлинно научного мышления была разбросана островками по среди зыбкого моря фантастических наукоподобных рассуждений и домыслов.

Ньютон встал, как колосс, над хаосом спекулятивных философских воззрений и метафизических систем. Положил предел и границу этому хаосу.

Случилось так, что спустя много лет после кончины Ньютона тот научный подход, который он утверждал всю свою жизнь, встретил отчаянное сопротивление. Человеком, который решил дать бой тени великого ученого, был великий немецкий поэт Гёте. Гёте громогласно протестовал против холодного и расчетливого расщепления и препарир-

рования природы в ходе научного исследования, настаивал на изучении ее во всей целостности, в том виде, в каком предстает она нашему глазу.

При этом Гёте, разумеется, не противился познанию как таковому. Он лишь требовал, чтобы в ходе его не было разрушения прекрасного, настаивал, что только то познание истинно, которое сохраняет красоту окружающего мира. Говоря проще, к достоверному знанию, как полагал Гёте, могут вести лишь простые бесхитростные наблюдения, а не мудреные опыты с использованием сложных приборов, не заумные теории.

По существу, Гёте стремился утвердить в правах гармонию природы, общую для поэзии и науки. Однако для последней это означало бы гибель. Наука отказалась от такой гармонии. Благодаря «положительному» духу, прочно утвердившемуся в ней после Ньютона, она одержала многие победы на пути познания истины. Разговоры же о красоте, о гармонии, казалось, заглохли навсегда...

...Возобновились они уже в наше время. Оглядываясь назад, историки стараются подметить черты эстетического подхода в мышлении крупных ученых XIX и XX веков.

Соблазнительным кажется приписать такие черты великому английскому физiku Максвеллу. Благо есть повод к тому — история с появлением в его знаменитых уравнениях члена, соответствующего току смещения. Что побудило ученого вписать при выводе уравнений этот член, благодаря которому произошла подлинная революция в физике? Ряд историков полагают, что он сделал это, стремясь придать своим уравнениям более симметричный вид. Если это действительно так, тогда мы можем сказать: воистину чувство красоты помогло здесь отысканию истины. Однако полной ясности тут нет. Сам Максвелл нигде ни словом не обмолвился об этом. С другой стороны, при внимательном чтении его работ становится ясно, что он очень близко подошел к идее тока смещения обычным, логическим путем.

Кто действительно стремился сделать их более симметричными, так это последователь Максвелла Хэвисайд, который по аналогии с электрическим током проводимости ввел в них такой же магнитный ток. После этого уравнения стали еще красивее, еще стройнее, но, увы, к какому-либо реальному физическому открытию это не привело — еще одно свидетельство, что эстетические устремления сами по себе недостаточны, чтобы продвигаться в науке вперед.

...Если у Максвелла увлечение искусством стояло от-

дельно от увлечения наукой, у Эйнштейна и то и другое как бы слилось воедино. Его любовь к музыке, особенно к Моцарту, по-видимому, проистекала из того же источника, что и страсть к науке. И музыка, и наука, как он себе представлял, нацелены на постижение объективной гармонии, царящей в природе, где все явления связаны между собой некоей внутренней «логической необходимостью», представляют собой непрерывные цепи причин и следствий.

Ощущение сопричастности этому чуду, каждодневного упорного приобщения к нему постоянно доставляло Эйнштейну глубокое удовлетворение.

На волне этого радостного удовлетворения, движимый этой глубокой философской, эстетической — как хотите, назовите, — страстью, совершил он свои величайшие научные деяния — создал специальную теорию относительности, общую теорию относительности. То была счастливая пора в жизни ученого. Гармоническая картина мира на его глазах, его трудами неизмеримо углублялась.

Столь же глубокой была его трагедия, когда под натиском новых квантовых представлений, порывающих с идеей классической причинности, закачалось, затрещало стройное здание, которому он был привержен всеми фибрами своей души, всеми клетками своего тела. Физики пришли к заключению, что в микромире властвуют не строгие, а статистические закономерности, обретающие строгость лишь для **больших** скоплений частиц. Что касается одной-единственной частицы, ее поведение невозможно предсказать дословно, можно только подсчитать вероятность тех или иных событий, в которых она будет участвовать. Больше того, кое-кто стал утверждать, что и вообще-то все законы природы статистические, что только из-за малой чувствительности наших приборов они нам кажутся строгими.

Гармония мира рушилась прямо на глазах. Эйнштейн воспротивился, восстал против этого попрания дорогих для него святынь, принялся доказывать эфемерность, временность представлений квантовой механики. Но не доказал, не отразил натиск. Тогда он просто отвернулся от них, лишил их доверия и в одиночестве продолжал свою работу.

...То, что казалось чудовищным, уродливым Эйнштейну, напротив, представлялось вершиной красоты Бору. Его радовали всевозможные несоответствия и противоречия. Он чувствовал себя среди них как рыба в воде. Чем серьезнее было противоречие, тем основательнее казалась на

дежда, что за ним может скрываться нечто настоящее — некий не примеченный ранее никем вход в таинственные пределы глубинного устройства материи.

Эйнштейн был уверен, что в конце концов любое противоречие должно уступить место ясному и последовательному, единственно возможному описанию происходящего в действительности. Что касается Бора, он «остро чувствовал абсолютную недостаточность любой односторонней аналитической процедуры», иными словами — недостаточность какого-либо одного-единственного способа описания. Он был убежден: «гармония вещей складывается из взаимодействия явно конфликтующих друг с другом аспектов», из столкновения противоречивых подходов к одним и тем же явлениям.

Откуда берется такое противоречие? Дело в том, что, погружаясь все дальше и дальше в глубины микромира, мы встречаемся с такими явлениями, для обозначения которых в нашем языке не находится соответствующих понятий. Если же использовать те слова, которые имеются у нас в распоряжении, тогда приходится прибегать к нескольким параллельным способам описания одного и того же. Причем эти способы одинаково правомерны и вместе с тем несовместимы друг с другом. В этом и заключался выдвинутый Бором принцип дополнительности.

Самому Бору открытие отношений дополнительности принесло «подлинное освобождение», дало выход «сильнейшему желанию его души». Была открыта гармония, которая, правда, уже не принадлежала целиком природе, но располагалась где-то на грани между природой и человеком.

...В двадцатые годы нашего столетия древнегреческий философ Платон обрел, как это ни покажется странным, горячего сторонника среди крупных современных естествоиспытателей (впрочем, когда это произошло, новый последователь Платона не был еще «крупным»). Гейзенбергу — речь идет именно о нем — пришлось по душе платоновская идея, что в основе всего, в сердцевине мироздания лежат простые и изящные математические связи и формы. У Платона, мы помним, это были треугольники, составлявшие «первоначала» материи — огонь, землю, воздух, воду. В наше время, как полагал Гейзенберг, гармонию следует искать «в математической структуре законов динамики».

В согласии с этим основным научным принципом

физика сделалось убеждение, что внутренние взаимосвязи, существующие в природе, становятся понятными лишь тогда, когда удастся найти простую математическую форму законов, действующих в данной области. Такой подход, выдвигающий на первый план математику, сам Гейзенберг называл эстетическим, видимо, опять-таки имея в виду, что он берет начало от платоновской гармонии.

Остается только гадать, случайно или не случайно так получилось, но Гейзенберг с этим его эстетико-математическим подходом весьма преуспел в смутные и тяжкие для физиков времена создания квантовой механики.

Впрочем, конечно, успех математического подхода при таком стечении обстоятельств не был случаен. Теперь мы знаем: попытки строить модели в квантовой физике по аналогии с физикой классической вряд ли могли привести к каким-либо результатам, они способны были разве что усугубить хаос и путаницу — слишком уж отличается микромир от окружающего нас видимого и осязаемого мира. Что же до математического подхода, он не предполагал никаких наглядных моделей реальности, заведомо был застрахован от ошибок, вносимых ими, а потому в самом деле имел больше шансов на успех. Обо всем этом физики, работавшие над созданием основ квантовой механики, стали догадываться очень скоро.

Когда мы пытаемся понять, для чего ученому-естествоиспытателю думать и гадать о красоте природы, мы касаемся сокровенной стороны его творчества, движущих им тайных психологических пружин — мотивов. Собственно говоря, сильный интеллект и сильные мотивы — это то, что определяет успех работы исследователя. Причем, как считают психологи, роль мотивов тут даже более велика, стоит на первом месте. Именно сильная мотивировка прежде всего отличала выдающихся ученых, резко выделяла их среди коллег.

В числе побудительных мотивов, двигавших ученым, издавна были и эстетические. Для Птолемея, Коперника, Кеплера красота мира служила сильнейшим источником вдохновения, могучим притягивающим к себе магнитом. Ньютон покончил с красотой, изгнал ее из науки вместе с другими «гипотезами», и этот рациональный, лишенный понятий эстетики подход долгое время господствовал безраздельно.

В наши дни, как уже говорилось, идея красоты, гармонии мало-помалу снова начинает возрождаться. Ею оплодотворено творчество Эйнштейна, Бора, Гейзенберга, других ученых...

Чему мы обязаны таким возрождением? Растущей сложностью материи, в глубины которой стремится проникнуть исследователь? Но перед Ньютоном стояли не менее сложные задачи, чем перед Эйнштейном или Бором. Дело, по-видимому, в другом. Безжалостно рациональный подход Ньютона в большой мере был ответной реакцией на половодье иррационализма, всевозможных «красивых» выдумок и домыслов, захлестывавших в его время науку, угрожавших даже ее существованию. Сейчас, конечно, такой угрозы нет, тут нечего бояться. В то же время за долгий период после Ньютона все более крепло подозрение, что, будучи ученым, все-таки нелегко обходиться без эстетических мотивов. Это известно: человек постоянно нуждается в духовной пище двоякого сорта — и в рациональной, и в эмоциональной. А красота, пожалуй, как ничто другое, способна вызывать эмоции...

Интересно еще вот что. Вот такая закономерность. Всякий раз повторяется одно и то же: до поры до времени роль эстетических мотивов и представлений весьма благотворна для работы исследователя, однако, начиная с некоторого момента, положение меняется, они превращаются в тормоз, делают помехой.

Красота мироздания привлекла Коперника к астрономии. Идея простоты натолкнула его на путь пересмотра птолемеевской системы мира. Но безосновательное, навешанное лишь эстетикой приписывание планетным орбитам «совершенных» геометрических форм стало препятствием на его пути.

Восторженная вера в гармонию мира привлекла к астрономии и Кеплера. Она придавала ему силы в многотрудных вычислениях и расчетах. И она же без конца направляла его по ложному пути, когда он придумывал то один, то другой принцип гармонии, заключенной будто бы в природе.

Если представить на минуту, что ввести ток смещения Максвелла в самом деле надумила идея симметрии, — это был еще один великий вклад красоты в дело отыскания истины. Однако дальнейшее эстетическое «облагораживание» максвелловских уравнений, предпринятое Хэвисайдом, оказалось, в общем-то, топтанием на месте.

Идея гармонии мира послужила мощным стимулом для Эйнштейна. Своими работами он неизмеримо расширил и углубил эту гармонию. Но в какой-то момент страстная приверженность ей помешала ученому воспринять новые идеи, возникшие в квантовой физике.

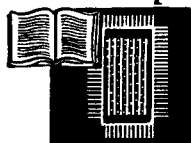
Как видим, роль эстетических представлений в научном поиске о двух концах: она и благотворна, она и пагубна. Не эту ли благотворность имел в виду Гёте? Не эту ли пагубность имел в виду Ньютон?

Словно мираж, с приходом каждого нового поколения ученых исчезает красивая картина, созданная воображением их предшественников. Ее очарование рассеивается как дым. Будет ли найдено в конце концов что-то такое, что не окажется одной только иллюзией красоты, что сохранится в целости, как бы далеко ни продвинулось вперед наше знание? Даже если бы и нашлось и сохранилось, все равно этот процесс рождения все новых и новых представлений о красоте мира, их становления и гибели, по-видимому, никогда не остановился бы. Ибо, вероятно, такова суть эстетических потребностей человека: он не удовлетворяется уже существующими эстетическими ценностями, постоянно стремится если и не изменить их в корне, то, по крайней мере, добавить к ним что-то свое, личное. Так обстоит дело в искусстве. Так же, скорее всего, и в науке.

Собственно говоря, уже и сейчас можно назвать многие черты физического мира, неизменно делающие его прекрасным в глазах каждого очередного поколения исследователей. Это причинный порядок (в широком смысле), царящий в нем, и его познаваемость, простота «решений», выбираемых, как правило, природой, то обстоятельство, что ее законы поддаются математическому описанию, инвариантность (симметрия!) этих законов...

Эти приметы прекрасного мира вряд ли когда-нибудь будут низвергнуты с пьедестала красоты. Но при всем том станут появляться все новые и новые. Мир будет поворачиваться перед человеческим оком все новыми и новыми прекрасными своими гранями. И это постижение его красоты никогда не прекратится, так же как не прекратится само постижение мира.

Содержание



Введение	5
Глава первая. Платон	6
Глава вторая. Коперник	28
Глава третья. Кеплер	48
Глава четвертая. Галилей	71
Глава пятая. Ньютон	88
Глава шестая. Максвелл	110
Глава седьмая. Эйнштейн	130
Глава восьмая. Бор	148
Глава девятая. Гейзенберг	168
Заключение	196

Научно-художественное издание

Олег Павлович Мороз

ПРЕКРАСНА ЛИ ИСТИНА?

Главный отраслевой редактор *В. П. Демьянов*

Редактор *С. П. Столпник*

Мл. редактор *Н. П. Тсрехина*

Худож. редактор *М. А. Бабицева*

Художник *Н. В. Беляева*

Техн. редактор *И. Е. Белкина*

Корректор *С. П. Ткаченко*

ИБ № 10021

Сдано в набор 14.12.88. Подписано к печати 05.09.89 А02512. Формат бумаги 84×108^{1/32}.
Бумага кл.-журнальная. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 10,92. Усл.
кр.-отт 11,13. Уч.-изд. л. 11,37 Тираж 100 000 экз. Цена 70 коп. Издательство
«Знание» 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 897719.
Отпечатано с фотополимерных форм Головного предприятия республиканского производ-
ственного объединения «Полиграфкнига» на Киевской книжной фабрике, 252054, г Киев-54,
ул. Вороньского, 24 Зак. 9—283

Олег Павлович Мороз — автор ряда книг, очерков, статей, главным образом об истории науки, ее современных проблемах, о людях науки.

В издательстве "Знание" вышли две книги

О.П. Мороза: "Свет озарений" — об эволюции представлений о природе света (1980 г.) "Жажда истины" — о трагической судьбе П.С. Эренфеста (1984 г.).

О.П. Мороз — член Союза писателей СССР, заслуженный работник культуры РСФСР, работает заведующим отделом науки "Литературной газеты".



ЖЗЛ

ЖИЗНЬ
ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫХ
ИДЕЙ

Олег Мороз

ПРЕКРАСНА ЛИ ИСТИНА?

*Есть сходство
между научным творчеством
и творчеством художественным.*

*Если пристально приглядеться
к работе великих ученых прошлого,
можно заметить удивительную вещь:
многие из них стремились
построить свои теории по законам красоты.*



ЗНАНИЕ