

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
Национальный Авиационный Университет

# *Драма идей в познании природы*

Работа выполнена студентами  
105 групПы ФЕЛ

Бурдеева Р.В.  
Решетинская И.В.

Научный руководитель  
И.А.

Доцент Слипухина

Киев 2004

## *Предисловие*

Физик стремится познать окружающий нас предметный мир. Какие психологические мотивы движут им при этом? Однако само по себе словосочетание «стремится познать», по-видимому, мало еще говорит о мотивах. Во-первых, потому, что разные ученые вкладывают в него разный смысл (хотя, разумеется, есть и много общего). Во-вторых, потому, что у любого исследователя «стремление познать» в общем-то, включает в себя целый спектр разнообразных стремлений.

Самой главной составляющей «стремления познать» — является жажда раскрыть красоту, гармонию конкретного объекта познания и окружающего мира в целом. Хотя на первый взгляд может показаться, что это второстепенная компонента научного творчества, знакомство с работой выдающихся ученых говорит о том, что такое представление не совсем справедливо.

## *Введение*

В вышедшей недавно книге известного шведского физика лауреата Нобелевской премии профессора Ханнеса Альвена есть одно 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: и художник, и ученый отделяют существенное от хаоса чувственных восприятий и представляют это существенное в возможно более концентрированной и элегантной форме. 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 существовали в то время, когда родились девять знаменитых дочерей Мнемозины».

Действительно, 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

примере творчества некоторых выдающихся ученых проследить основное направление этих перемен.

## Заколдованный круг



Ученые спорят, какая наука лучше. Спор не новый, начавшийся не вчера. Четыреста с лишним лет назад Николай Коперник писал о милой его сердцу астрономии: «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

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?».

Все-таки, пожалуй, дело вкуса, какую область знаний посчитать наиболее достойной. Но поразительны здесь, в коперниковском суждении, аргументы: науке воздается хвала не из-за практической важности, не из-за того, что предмет изучения прекрасен.

О характере Коперника, о его человеческих качествах мы знаем мало. Как видно, ученый не ждал посмертной славы: не оставил после себя ни дневников, ни большого числа писем.

Почти всю свою жизнь, кроме детства, лет учебы в Кракове и в Италии, Коперник провел в Вармии, на северо-западе Польши, в небольшом захолустном городке Фромборке, где служил каноником. По временам обстоятельства складывались так, что ученому приходилось в ущерб науке заниматься и административной, и политической деятельностью.

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, сидя в одной из башен крепостной стены во Фромборке,

наблюдения с помощью самодельных деревянных инструментов.

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 нравились 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, таким как Цицерон, Плутарх, Филолай и т.д. Побуждаемый этими идеями, 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?

Трогательно видеть, с какой легкостью великий ученый добровольно отказывается от приоритета, который, тем не менее, молва позднее закрепила за ним, — приоритета в выдвигании 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.

Коперник вообще не предполагал печатать свое знаменитое сочинение «Об обращениях небесных сфер», уже вполне законченное. 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». 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, что Вселенная шарообразна. Почему он так считает? Прежде всего, потому, что «шар — самое совершенное

пишет Коперник,—добивается завершения 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 (точнее говоря, планеты) — 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, Коперник сам не писал об этом. Действительно, но в отличие от Кеплера он не отыскивал самых общих, самых глубинных принципов устройства мира, а ставил перед собой совсем иную цель, более ограниченную — «исправить» систему Птолемея. Что же касается идеи о музыкальной гармонии, управляющей будто бы движением планет, то высказанная в общем, виде она может просто оказаться поэтической метафорой. Важно, в чем конкретно астроном видит проявление этой гармонии. Ретине пишет о том, что «звучание» планет надо настраивать по Солнцу. В этом 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», т. е. аналогии с музыкальной гармонией, а на основании «законов математики (в суде которой и рассматривается это 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, так 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 построение более простой, более совершенной модели Вселенной.

Это тоже эстетический подход к научной теории, но более утонченный, нежели стремление видеть в природе непременно простой геометрический порядок. С давних пор и 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 сами не перестают удивляться не только тому, что природа поддается простому описанию, но что она вообще поддается математическому описанию.

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. Сохранились некоторые другие сложности старой системы. Зато у Коперника не было эквантов. В целом теория получилась лишь незначительно точнее проще, чем теория Птолемея. «Меркурий движется при помощи всего семи кругов, — пишет Коперник в «Малом комментарии», — Венера — при помощи пяти, Земля — при помощи трех, а 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...»

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 предпринял весь свой огромный труд. Сфера, круг были для него заповедными, неприкосновенными фигурами.

## *Музыка сфер*

Кеплер был поэтом. 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 посвятил тому, чтобы раскрыть законы этой

гармонии. 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 предположение: 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 соотношение 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. 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, которые мы не видим, поскольку они слишком малы. Но и это не помогло. Кеплер твердо верил, что решение существует.

С каждым шагом, однако, приходилось прибегать ко всем более сложным уловкам, что, конечно, не могло не мучить Кеплера, не оскорблять в нем эстетического чувства. Впрочем, решение, как оно мелькнуло перед ним при вспышке неожиданного озарения, в конце концов, оказалось все-таки необычайно простым, Правда, не арифметически, а геометрически простым.

9 июля 1595 г. — он объяснял ученикам движение Юпитера и Сатурна. Для этого ему потребовалось нарисовать в круге множество равнобедренных треугольников с вершинами, лежащими на окружности и повернутыми один относительно другого. Внезапно перед его глазами возникла некая окружность меньшего размера, в которую сами собой слились точки пересечения сторон треугольников. На рисунке были 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. 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! Но похоже на то: размеры реальных орбит, взятые у Коперника, опять не сочетаются с вычисленными. Кое-чего этой идее не достает: 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 выбрано не случайно. Оно также подчиняется какой-то тайной логике. «И тут, он решил обратиться к пространственным телам и взять вместо многоугольников многогранники.

Он разделяет все многогранники на два класса. К одному относятся 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, со «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 - четырехгранник и двенадцатигранник выглядят лучше, симметричнее, когда стоят на одной из граней, а восьмигранник и двадцатигранник — на одной из вершин. Такое различие, как он полагает, объясняется тем, что «первичные правильные тела по своей натуре должны стоять, вторичные должны плавать».

Однако более всего Кеплера беспокоила не эта надуманность и искусственность. Его больше волновало другое — опять-таки недостаточное согласие вычисленных им по новой модели цифр с теми, которые были получены Коперником. Чтобы спасти красивую модель, Кеплер пошел на дальнейшие ухищрения. Он принял для Меркурия иную сферу — касающуюся не граней восьмигранника, а средин его ребер. Теперь гораздо больше цифр стало совпадать. Точность модели улучшилась за счет ухудшения ее симметрии: мало того, что нет убедительного обоснования странной последовательности многогранников, теперь еще одна из планет почему-то вообще выпадает из общего строя.

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 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 Мёстлина пересчитать заново цифры Коперника, приняв на этот раз за центр небесных орбит центр Солнца. Когда Мёстлин проделал эту тяжкую работу, оказалось что все его старания были напрасны.

После этого Кеплер перестает рассуждать 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. 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 Коперником.

На этом он не закончил свою работу. Кеплер обращается к герцогу вюртембергскому Фридриху с просьбой изготовить модель Вселенной в виде серебряного кубка. Но Фридрих желает сначала посмотреть на этот кубок, сделанный из бумаги. Но даже после изготовления бумажного кубка герцог придумывает все новые проволочки. Для Кеплера этот кубок – сделанный его руками, – единственный недолговечный памятник дорогой для него идее. Впрочем, остался и еще один памятник тоже из бумаги, но гораздо более основательный и долговечный – книга. Как водится по выходе книги автор послал ее экземпляры некоторым уважаемым коллегам, и в их числе Галилею и Тихо Браге.

Однако сам Кеплер нуждался лишь в наблюдениях известного ученого 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 недостаток точных сведений о движении планет. Фолианты, составленные Браге, не дают ему покоя. Он почти физически страдает оттого, что у него нет к ним доступа.

В конце концов, пути их пересеклись. Тихо Браге пригласил Кеплера к себе помощником. К тому времени он покинул свою знаменитую обсерваторию Ураниборг в Дании 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. И все же, хотя оба они 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 это, 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 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. До сих пор ничто не стесняло свободы Кеплера. Он мог выбирать для исследований, что хотел, а выбирал он, в согласии со своей неумной 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. Гармония—это чудесное, загадочное соответствие, созвучие различных частей неба, наподобие того, которое он наметил, но еще не раскрыл полностью в «Космографической тайне».

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, не стремление найти универсальный ключ к загадке Вселенной, воодушевляло его при создании этой теории.

Поначалу он взялся за нее с легким сердцем, заключив пари, что завершит ее в восемь дней. 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...”

В августе 1608 г., Марс отстоял от того места, где ему надлежало быть в соответствии с вычислениями, на четыре градуса, а в августе и сентябре 1593 г.— 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 устранить помеху.

Прежде всего, 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 г.г,— 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 непрерывного, 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. 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 она, как полагает Кеплер, способна 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. 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 невыносимо, особенно имея в виду, что ошибка «тихова секстанта» гораздо меньше.

Поскольку из всех точек марсовской 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, Кеплера мало того, в угоду точности должен опять пожертвовать атрибутами красоты, которые достались ему в наследство от прежних поколений астрономов.

Но какова же истинная форма орбиты? Если это не круг, тогда что? Кеплер обращает свой взор к «точке наблюдения» за Марсом — к самой Земле. Чтобы понять законы движения далекого небесного тела, надо прежде дознаться, как перемещается наша собственная планета — та, которая под ногами.

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 малень-

кого участка до центра Солнца. После этого, чтобы определить время, надо

было складывать найденные расстояния...

Вычисления получались немислимо громоздкими, и к тому же не очень точными. Хотя Кеплеру и не привыкать было к такой работе, он задумался, нельзя ли ее облегчить. 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. 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.

Кеплер снова, опираясь уже на уточненные сведения о движении Земли, вычисляет положения Марса, по-прежнему предполагая его орбиту круговой, и сравнивает полученные результаты с наблюдениями. Сомнений нет. Марс обращается не по окружности. С двух сторон как пишет Кеплер, орбита «постепенно отклоняется внутрь, а затем 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.

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

Но ученому на ум пришло новое предложение: 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 на ощупь, перебирая одну возможность за другой, приблизился он, в конце концов, к истине—к своему первому закону.

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.

Вообще, не иначе как провидение неразрывными узами связало его судьбу с Тихо Браге и не допустило, чтобы они расстались «даже после тяжелейших ссор». Какая сила влекла Кеплера за собой в этом многотрудном поиске? Какая 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.

Однако непосредственно во время своих трудов над теорией Марса он за-

клинал судьбу, чтобы эти труды поскорее кончились, и о 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. «Великим переворотом в астрономии» назвал Кеплеровский переход от кругов к эллипсам выдающийся 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 известный английский философ 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 «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 сочетания 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 рождают 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 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. 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 одnogолосное, пение... — к многоголосному». «Таким образом, — говорит Кеплер, — небесные движения есть не что иное, как ни на миг не прекращающаяся многоголосная музыка (воспринимаемая не слухом, а разумом)». Большой, полуниций, преследуемый неудачами, он чувствует себя счастливейшим человеком на свете. При написании книги о своих открытиях в спешке, он, опять как - бы, между прочим, сделал действительно великое открытие — вывел свой третий закон, согласно которому квадраты периодов обращения планет относятся друг к другу, как кубы их средних расстояний до Солнца. Но, естественно, он не обратил на него особого внимания. Найденный закон он лишь использовал как средство для достижения этой цели, рассчитав с его помощью движение планет. Именно гармония, как он полагал, была первичным, основным, а все остальное просто-напросто вытекало из нее.

## *И снова круг*

Галилей только и делал, что разрушал красивое. Он вторгся со своим телескопом в идеальную сферу небес и открыл, что она не так уж идеальна. 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. В это время начались споры между философами которые вовсе отказывались смотреть в трубу, утверждая, что истинное знание не приобретается таким примитивным способом.

Позже, когда, некоторые из «этого рода людей» все-таки соизволили принять участие и 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 Клавию 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 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...

В ответ на это Галилеи 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 делаются гранеными. Такой камень, откуда бы мы на него ни посмотрели, всегда будет сверкать одинаково ярко. Гладкая же поверхность ярко светится лишь в одном каком-то положении.

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

Снова начались споры между философами, которые стали придумывать одну гипотезу за другой, только бы очистить лик светила от этих позорных знаков несовершенства. Одни говорили, что за пятна мы принимаем 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 Галилеи. Учитель их и вовсе не упоминал о солнечных пятнах. Сами же философы снизошли до того, что нагромождали одно фантастическое объяснение на другое. Если же и их окажется недостаточно, обещали найти новые.

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 в 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, говорит Галилеи, благодаря телескопу стали в тридцать или сорок раз ближе к небу, чем греческий философ, и можем заметить такие вещи, которых не видел он.

Почему неизменность, невозмутимость, неразрушаемость считаются признаками особого благородства и совершенства, а противоположные качества — великим несовершенством?

Сагрето, также отражающий взгляды самого Галилея. Говорил: «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, а 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 Сагрето, относится не к одной только Земле, но и к Луне, к Юпитеру, ко всем «мировым телам», ко всей Вселенной.

Сагрето 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».

Галилеи 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 мир, помойной ямой всяческих нечистот? — насмешливо спрашивает Галилеи. — 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 Галилеи ставил бесконечно выше эстетики неизменного, мертвого. Он превозносил свою «новую эстетику» как мыслитель, как философ. Но Галилей 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 Галилеи старался обходиться без припасенных заранее 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, — о том он говорил довольно редко, стремясь, как позднее и Ньютон, «не измышлять гипотез» без особой необходимости. Самыми надежными средствами познания для него были наблюдения, опыты и логические рассуждения — тот научный метод, который и утвердился в науке благодаря Галилею.

Галилеи не доверяет умозрительным гипотезам потому, 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 разумения. «...Но я считал бы скорее, — говорит Галилеи, — ч/с природа сначала создала вещи по своему усмотрению, а затем создала умы человеческие, способные постигать (и то с большим трудом) кое-что в ее тайнах»

Чтобы познать надо исследовать. Между тем встречаются люди, которые идут обратным путем: прежде «вбивают себе в голову» какое-то заключение, а затем подгоняют под него свои аргументы. «Не стоит, поэтому меряться силами с подобными людьми, — считает Галилеи, — 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 брэнную Землю в сонме благородных светил? — восклицали противники системы Коперника. — Но сколь более превосходное распределение, более приличное природе и даже самому боту-зиждителю, заключается в разъединении чистого от нечистого, смертного от бессмертного...»

«Сделайте милость, — отвечал Галилеи, — 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».

«приличное природе», что на самом деле не вытекает из строгих научных доказательств... Таково убеждение великого итальянского ученого.

Удивительно, что Галилеи так легко принял гипотезу Коперника о круговых орбитах планет. Гипотезу умозрительную, основанную на эстетических представлениях.

Он также 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, разве что круговым. 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 Галилеи рисует такую картину сотворения мира: сначала был первичный хаос, «где блуждали в смятении и беспорядке какие-то неопределенные материи»; затем начался акт творения; небесные тела, «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 Галилеи, 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.

Снова и снова ученый рассуждает о преимуществах движения по кругу. Причем эти рассуждения опять очень напоминают идеи Коперника, движение небесного тела по окружности, пишет Галилеи, 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 — замедление. Здесь же небесное тело и удаляется от какой-то точки и одновременно приближается к ней. И влечение, и «нерасположение» имеют одинаковую силу.

какое-то тело не движется по кругу, оно должно быть неподвижным. Кроме покоя и кругового движения, нет ничего, что было бы пригодно для сохранения порядка. Древние считали, что покой—это удел Земли. Галилеи 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 «Диалога» Галилея 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.

Оба ученых были довольно хорошо осведомлены о работах друг друга. Изредка они обменивались письмами. Кеплер послал Галилею свою книгу «Новая астрономия». Именно в ней немецкий астроном говорил об установленном им факте — эллиптической орбите Марса, — и о двух выведенных законах движения небесных тел. Однако Галилеи вообще не ответил на письмо Кеплеру.

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 Галилеи посылал Кеплеру свои работы).

Но и то, и другое утверждение Кеплера—об эллиптической форме планетных орбит и о неравномерности их движений—Галилеи не принял.

Мы можем только догадываться, что помешало Галилею, верно, оценить великие открытия Кеплера. Например, не лишено оснований предположение, что у Галилея вообще исподволь сложилось несколько предвзятое отношение к научным методам немецкого астронома, которое с годами становилось сильнее. Как мы знаем, сам Галилеи 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, вызвала 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.

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. Вернее, не захотел понять. Так нередко бывает в науке. Если какой-то исследователь хоть чем-то покажет свою несерьезность в

Подчас человеку со стороны приговор ученых кажется чрезмерно суровым: они могут годами презрительно или насмешливо морщиться при одном лишь упоминании имени исследователя, 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 путем прямой полемики 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 поразительной явлении природы, — говорит Галилеи, — 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, наводит на мысль, что про себя оно говорилось Галилеем гораздо чаще.

Что же касается спора о приливах, то и в нем, как известно, прав оказался Кеплер, а не Галилеи. И напротив, принять Коперниковское представление о круговом, равномерном движении планет Галилею не составляло большого 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.

Не удивительно поэтому, что Галилеи целиком перенял идеи Коперника о круговом обращении планет. Так же, как он перенял его представления о красоте и совершенстве Вселенной вообще. Собственно, эта красота и побуждает ученого исследовать мироздание — здесь Галилеи также полностью согласен со своим великим предшественником. И это вдохновило его на Написание таких слов: «...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

достойных изучения естественных вещей на первое место, по моему мнению, должно быть поставлено устройство Вселенной. Поскольку Вселенная все содержит в себе».

## «ГИПНОЗ НЕ ИЗМЫШЛЯЮ...»



Совершенно немислимо представить себе, 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 знания о мире мы должны черпать непосредственно «из явлений», избегая каких бы то ни было «гипотез». Слово «гипотеза» было поистине ненавистно ему. «И 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».

Скорее всего, нелюбовь к умозрительным рассуждениям была заложена в самом характере Ньютона — спокойном и ровном.

Ньютон начинал не как философ. Скорее, как инженер, 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 течения 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

мышь, которая одновременно и поедала намолотую муку.

То, как позднее Ньютон разгадывал устройство тонких «механизмов» природы, очень похоже на это детское изучение устройства мельниц и часов.

Как видим, 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».

И все-таки неизвестно, стал бы Ньютон столь непримиримым врагом гипотез, если бы не случай, который свел его с Исааком Барроу, довольно известным в ту пору математиком. Барроу был учителем Ньютона в студенческие годы в Кембридже. От него-то, быть может, и перенял Ньютон привычку с насмешкой встречать всевозможные догадки и выдумки, влетаемые в ход строгого 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...

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 подвергался 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 без долгих раздумий заявил, что это мол вовсе 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 проектировано, или даже было только желаемо в оптике, он может выполнить с легкостью и точностью». С Ньютоном они были антиподами. Их соперничество, начавшееся лихими кавалерийскими наскоками Гука в Королевском обществе, продолжалось долгие годы.

Нашлись у Ньютона и другие противники. Возражения некоторых из них были совсем уж смехотворны. Например, известный в то время физик Линус

утверждал, что Ньютон не мог получить с помощью призмы цветовой

спектр, поскольку ему, Линусу, это, видите ли, 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 не\* приязни Ньютона к гипотезам, Линус называл этим злополучным словом 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).

Можно только гадать, что было бы, если бы Ньютоному 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 Гете.

Он сравнивает теорию Ньютона со старой крепостью, которую основатель ее заложил «с юношеской поспешностью», а потом ради сохранения чести и престижа вынужден был укреплять и защищать. То, что крепость прочна, — миф, то, что она обитаема, — заблуждение, 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 и не оскорбительные архитектурные параллели. Обиднее всего было бы для него, наверное, то, что Гете, вслед за Гуком, Линусом и другими, опять-таки ставит его теорию в разряд гипотез. Гипотеза эта, по мнению Гете, 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 Гете, — снести грозящую обвалом крепость от крыши до основания и впустить наконец солнце в это «старое гнездо крыс и сов».

Занимаясь телескопами, Ньютон обратил внимание, что изображение, получаемое с их помощью, постоянно окрашивается в различные цвета, и решил выяснить причину этого, т.е. ни больше, ни меньше как 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 в «Лекциях по оптике» с усмешкой говорит: «Утверждают, что цвета рождаются либо от различного смешения тени со светом, либо от вращения шаров либо, наконец, из

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.

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, уравновешивая друг друга. Значит, это воздействие закономерно, а не зависит от случайной причины.

Ньютон повторяет опыт, улавливая призмой уже не солнечные лучи, а еле брызжащий 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 до пускающий разговора о своей личности, Ньютон в связи с описанием этих опытов позволяет себе даже отметить между строк «привычное большое прилежание и любопытство испытующего», т.е. свое собственное.

В конце концов он укрепляется во мнении, чуть луч белого света, падающий на призму, состоит из лучей различной преломляемости и что каждому из них 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 «мемуары», «отражают свет одного рода и пропускают свет другого рода, как можно легко наблюдать, если освещать эти тела однородным простым светом в темной комнате».... Работа кончена.

Как же Гете «опроверг» открытие Ньютона? Однажды, по его словам, он решил повторить некоторые опыты Ньютона, для чего одолжил у своего знакомого, надворного советника Бютнера, необходимые для этого призмы. Однако, отвлеченный другими делами, Гете 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. Гете собрался было выполнить требование Бютнера, как вдруг 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.

Вот уже полтора года лет биографы великого поэта ломают голову над тем, как мог он, «помня Ньютонову теорию» весьма приблизительно и неточно, с

такой легкостью ее отвергнуть. Если бы Гете в самом деле помнил теорию



Ньютона, он бы не стал ожидать, что стена, на которую смотришь сквозь призму, предстанет перед глазами вся в цветных полосах.

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

Гете 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. 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. И вот этому-то целостному, вдохновенному восприятию природы метод Ньютона, метод точной науки, стремящийся разъять целое, расщепить непосредственно видимое, представлял, по мнению Гете, угрозу. Не приемлет Гете и сложные опыты: ошибочность учения Ньютона, как считает поэт, не удавалось долго разоблачить еще и потому, что в основу своей «гипотезы» он положил «сложный и производный эксперимент, к которому искусственно сводили все прочие стекающиеся явления».

Бесполезно прибегать к хитроумным приборам, если существо явления не раскрывается простому внимательному взору. Гете призывает вырваться «из sklepa науки на вольный воздух жизни». Нелепо исследовать свет в темноте, как это делал Ньютон.

Много лет Гете занимался морфологией—наукой о строении формах растений и животных. Собственно, он и ввел самое тело «морфология», стремясь с его помощью выделить некую состоятельную область знания, отличающуюся от химии и анатом! которые все пытаются «уразуметь» путем разъединения целого части. Годами он с упоением наблюдал, как развиваются цветы травы, как образуются лепестки, цветы, плоды. И сумел рассмотреть сходство между листьями и другими частями растений, проложив тем самым путь к разгадке их эволюции. Успешными были также занятия физиологией цветкового зрелом. Тут Гете подметил и привел в систему нечто, на первый взгляд удивительное и необъяснимое, касающееся работы нашего глаза.

Он 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 объятый пламенем мак, как объяснял Гете, в сущности представлял собой «мнимый образ цветка в дополнительном сине-зеленом цвете...»

Эти наблюдения Гете, несмотря на их внешнюю непритязательность,

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

Гете 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. Но не только в природе Гете видел подтверждение своей теории. Художник реставрирует портрет человека в чёрном. 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 Гете, что вода, покрывшая поверхность холста, сыграла роль мутной среды.

Вообще у Гете 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 прочесть, почему небосклон на заре кажется багряным, а далекие горы — синими. В конце концов это объяснение, вытекающее из теории Ньютона.

Самое поразительное, что Гете 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 лучше 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».



$$\frac{dy}{dy} - \frac{d\beta}{dz} = i \qquad \frac{dy}{dy} - \frac{d\beta}{dz} = \frac{dX}{dt}$$

$$\frac{d\alpha}{dz} - \frac{dy}{dx} = j \qquad \frac{d\alpha}{dz} - \frac{dy}{dx} = \frac{dY}{dt}$$

$$\frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy} = k \qquad \frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy} = \frac{dZ}{dt}$$

$$\frac{dY}{dz} - \frac{dZ}{dy} = \frac{d\alpha}{dt} \qquad \frac{dY}{dz} - \frac{dZ}{dy} = \frac{d\alpha}{dt}$$

$$\frac{dZ}{dx} - \frac{dX}{dz} = \frac{d\beta}{dt} \qquad \frac{dZ}{dx} - \frac{dX}{dz} = \frac{d\beta}{dt}$$

$$\frac{dX}{dy} - \frac{dY}{dx} = \frac{dy}{dt} \qquad \frac{dX}{dy} - \frac{dY}{dx} = \frac{dy}{dt}$$

Эти формулы не выдуманы Кэмпбеллом. Выдумать можно было бы и

поинтереснее. 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 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; кроме 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, уравнения и обретают примерно такую форму, какую мы видим у Кэмпбелла 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. Фактически уравнений

двенадцать» но почти все их можно представить в виде трех уравнений, разложив входящие в них вектора на составляющие, направленные вдоль осей координат.

Короче говоря, между тем, что написано у Кэмпбелла справа, и тем, что написано слева, — пропасть. И преодолел ее Максвелл одним прыжком; как считает Кэмпбелл, — 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 коллег в лучшем случае находили ее сомнительной.

Из последователей Максвелла первым, кто обратил внимание на необычайное изящество и симметрию выведенные им уравнений, был его соотечественник Оливер Хэвисайд. Когда вышел в свет Максвелловский «Трактат об электричестве и магнетизме», Хэвисайд целиком погрузился в изучение этого труда. Прекрасная простота уравнений Максвелла очаровала его. «Царственное достижение», «божественный Максвелл» — иных слов, чтобы выразите свой восторг, он не находил.

Какой бы простой и пышной, однако, 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. Со временем это стало ясно и в отношении уравнений Максвелла. Оливер Хэвисайд и Генрих Герц «расчистили» их, отсеяли лишнее, поменяли обозначения. Число уравнений сократилось втрое. Пользуясь современными обозначениями, страницу о которой говорил Кэмпбелл, можно было бы переписать так:

$$\begin{array}{ll} \text{rot } \mathbf{H} = 4 \frac{\pi \mathbf{j}}{c} & \text{rot } \mathbf{H} = 4\pi \frac{\mathbf{j}}{c} + \frac{1}{c} \cdot \frac{d\mathbf{E}}{dt} \\ \text{rot } \mathbf{E} = \frac{-1}{c} \cdot \frac{d\mathbf{H}}{dt} & \text{rot } \mathbf{E} = \frac{-1}{c} \cdot \frac{d\mathbf{H}}{dt} \end{array}$$

Слева изображены два исходных Максвелловских уравнения, справа эти же уравнения, но, окончательном виде. Части уравнений, включающие  $\mathbf{H}$  и  $\mathbf{E}$ , почти полностью равноправны, а сами уравнения почти полностью симметричны. Магнитное поле создается током, включающим в себя ток проводимости  $\mathbf{J}$  и ток смещения  $d\mathbf{E}/dt$ . И обратно — электрическое поле возникает в результате изменения магнитного поля.

Хэвисайд, однако, не остановился на этом. Он решил добиться еще большей математической красоты. Полной симметрии уравнений мешает член  $4\pi\mathbf{j}/c$  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 изо всех сил

и  
В  $\frac{1}{c} \cdot \frac{dE}{dt}$   $\frac{1}{c} \cdot \frac{dH}{dt}$  конце концов у него получилась «динамически  
завершенная система», которую с помощью принятых ныне обозначений можно  
представить так:

$$\text{rot}(H-h) = (4\pi/c)j + (1/c)(dE/dt) \quad \text{rot}(e-E) = (4\pi/c)g + (1/c)(dH/dt)$$

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. 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... Для Максвелла, который хорошо знал, какова структура развивающегося знания, установление симметрии представлялось обязательным». Сам Максвелл нигде, ни прямо, ни намеком, не подтверждает этой версии. Американский историк Борк, тщательно изучивший все научные труды Максвелла, все его опубликованные письма, свидетельства близко знавших его людей, 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...»

О симметрии упоминается в «Обращении», 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, Спотисвуд, 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.

Итак, нет прямых доказательств, что Максвелл, добавляя 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 стремлении преодолеть странную разобщенность двух проявлений одного и того же феномена Максвелл все чаще обращал свой взор на диэлектрики, изоляторы. Вероятно, интуиция ему подсказывала, что именно они помогут разгадать загадку. Что такое «покоящееся», статическое электричество? Это притяжение или отталкивание зарядов, 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 проводимости различных веществ лишь количественно различны и что стекло и металл качественно относятся к электричеству совершенно одинаково и несходство их вытекает лишь из чрезвычайного различия их проводимостей». 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, 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.

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. Именно к идее «смещения». «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», — считает один из исследователей творчества Максвелла И. Шапиро.

не всегда, можно прибегнуть к некоторым косвенным соображениям, чтобы оценить, насколько достоверна та или иная гипотеза, касающаяся его возможных поступков и мыслей.

Есть в биографии ученого одно интересное обстоятельство, относящееся к его школьным годам. В одном из писем к отцу тринадцатилетний Джеймс сообщает как бы невзначай, что он сделал из картона тетраэдр, додекаэдр «и двух других «эдра», 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. 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 то же время, 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.

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 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.

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...».

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.

Ученого волновали не столько абстрактные математические символы, сколько те материальные явления, которые стоят за ними. Так уж был устроен его мозг, что он переживал «чувство восхитительного возбуждения», лишь когда раскрывал для себя очертания физической реальности. Причем он мог изучать с одинаковым интересом что угодно — молекулярное строение тел и строение колец Сатурна, законы цветового зрения и законы падения кошек. 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

выбирал среди вариантов предполагаемой истины наиболее подходящий. 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.

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 меняющимся 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 магнитного поля.

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.

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 сферы.

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



Хэвисайд и Герц, он мог бы проделать сам. Недаром же в «Трактате», завершив вывод уравнений. Максвелл вскользь замечает, что эти формулы «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 и элегантной форме. Никто не посмел бы упрекнуть их за это. Напротив, еще выше превознесли бы, воздали им еще большую 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.

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 наводят нас на 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.

# ДУШИ



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

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

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 слитком бурным и слишком «земным»...

Есть 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 определённо, 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 произвели на меня неопишемое 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

заклучался 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 вытекает: 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 в виду отсутствия более подходящего. На самом деле вера в рациональное устройство мира не привлекла, а оттолкнула его от религии.

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 вековечной 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 неизбежность predetermined общим развитием музыки, обилием повторяемых фраз, всегда, правда, чем-то различающихся. 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 прилежащими мелодиями. И лишь разработав до конца этот пласт, — этот небольшой кусочек «гармонического пространства», композитор считает возможным идти дальше.

Моцарт—само совершенство. А 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. 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.

Едиственная 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.

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, — специальной и общей теориях 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 предположил, 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 немыслимо 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 Ньютонского предположения о том, что законы движения справедливы лишь для некоторых систем координат — движущихся равномерно и прямолинейно.

И опять он счел за лучшее 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: за это время половина атомов радия распадается на  $\alpha$ -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.

В 1922 г., незадолго до появления квантовой механики, Эйнштейн писал о том, что теоретическая физика переживает очередной кризис. Ее основы потрясены. Требуются новые идеи.

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 г, 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, как пишет Оскар Клейн, Бора постигла та же участь, что и самого Эйнштейна десять лет тому назад, когда тот познакомил со своей теорией относительности Маха (известно, что Мах отверг эту теорию).

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. Эйнштейн не мог что-либо возразить против этого анализа...». 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.

В 1930 году, на очередном Сольвеевском конгрессе, между Эйнштейном и Нильсом 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 говорит Нильс Бор, «это была страшная ситуация», возражение 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 1930г. На этот раз парадоксы сделались 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 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 г. 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 до отъезда 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 сомневается 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 года спустя в статье, написанной совместно с его сотрудниками. Подольским и Розеном, Эйнштейн использовал этот пример отнюдь не для демонстрации чудес квантовой механики, а для её 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.

Оказалось, что аргумент Эйнштейна не так-то прост. Аргумент был довольно каверзный. Чем очевиднее становилось это, тем большая тревога охватывала физиков.

На утро Бор сразу же принялся диктовать.

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 что-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.

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 наездами, сначала как гость, а затем как сотрудник того же, что и Эйнштейн, Института перспективных исследований.

Во время одной из таких встреч они поспорили: чью сторону принял бы

Спиноза, будь он их современником. Вероятно, это был единственный случай в их долголетней полемике, когда прав оказался Эйнштейн: Спиноза наверняка

стал бы на его точку зрения, недаром же принстонский физик считал себя последователем великого голландского философа. Несмотря на свои победы над Эйнштейном, Нильс Бор редко чувствовал себя победителем: всякий раз он искренне огорчился и был глубоко несчастен от того, что не сумел обратить Эйнштейна в свою веру.

А. Пайс вспоминает, что однажды во время своего приезда в Принстон в 1948 г. 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 Бор был у Эйнштейна и они, как всегда, затеяли спор о квантовой механике. И, как всегда. Бор оказался не в состоянии переубедить своего противника.

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. Выражения «трагический момент», «страшная ситуация» составляли лейтмотив его рассказа. Е. Л. Фейнберг, присутствовавший на этой встрече в ФИАНе, пишет: «Один за другим он 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! Не этого не произошло. Вот, что недосмотрел Эйнштейн», — и Бор переходил к объяснению, его лицо добрело, расплываясь в счастливой, обаятельной улыбке. Затем следовало изложение новой парадокса, и снова: «Это была страшная ситуация» — и палец тревожно поднят кверху, и снова, после разъяснения, — удовлетворенность и почти детская радость на лице. И в третий раз «Это был тяжелый вопрос»...

Чем дальше, тем все меньше оставалось у Эйнштейна надежды, 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 этом неверии окружающих. «Чувство неудовлетворенности поднимается во мне изнутри», — признается он Соловину. Подчас собственные поиски кажутся ему «дико спекулятивными».

Однако надежды Эйнштейна простираются за пределы его собственной жизни. Наука выше отдельных личностей. Он уверен, что новые поколения ученых справятся с той задачей, которую не смог решить он.

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

Идут годы. Но никто еще не сумел найти для физики фундамент, который заменил бы квантовую механику...

## *Оглавление*

Предисловие.....	1
Введение.....	1
Заколдованный круг.....	2
Музыка сфер.....	5
И снова круг.....	13
«Гипноз не измышляю».....	20
Четыре изящных уравнения.....	26
Аккорды для вычисляющей души.....	33

*Использованная литература*



