

У ИСТОКОВ
КЛАССИЧЕСКОЙ
НАУКИ



АКАДЕМИЯ НАУК СССР



У ИСТОКОВ
КЛАССИЧЕСКОЙ
НАУКИ

Сборник статей

1968

ИЗДАТЕЛЬСТВО

«НАУКА»

МОСКВА

XVII век дал человечеству необычайно много — были заложены основы классической науки. Галилей, Декарт, Ферма, Торричелли, Паскаль, Ньютон, Гейгенс, Лейбниц, Спиноза — вот далеко не полный перечень блистательных умов этого столетия. В статьях сборника рассказывается об исторических условиях, в которых начала развиваться классическая наука, об ее идейных истоках и движущих силах. Дается характеристика идей века и научной жизни, рассматриваются вопросы влияния классической науки на культуру и искусство, отражена роль крупнейших ученых и мыслителей в этих процессах.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

А. Н. БОГОЛЮБОВ

СОСТАВИТЕЛЬ

У. И. ФРАНКФУРТ

ОТ РЕДАКТОРА

На протяжении двух столетий — XVI и XVII — в странах Западной Европы происходили взаимообусловленные и значительные события, которые, однако, не были достаточно всесторонне оценены современниками. И лишь немногие — те, кто были связаны между собой ученичеством, большой дружбой, иногда еще большей враждой и постоянным соперничеством, смогли понять их значение и, включившись в них, обеспечить дальнейшее их развитие. События эти, в своей совокупности называемые теперь научной революцией XVI—XVII вв., означали создание основы современного научного естествознания и его рабочего орудия — новой математики и тем самым содействовали ускорению развития техники, начавшемуся уже в следующем, XVIII столетии вместе с промышленным переворотом. Отправным пунктом этой научной революции был выход в свет в 1543 г. посмертного труда Коперника «О вращениях небесных сфер» («De revolutionibus orbium coelestium»). К своему завершению она подошла с публикацией Ньютоновых «Математических начал натуральной философии» («Philosophical naturalis principia mathematica»).

В предлагаемом сборнике статьи события научной революции XVI—XVII вв. освещены с различных точек зрения и в различных ее аспектах. Несмотря на то, что обо всех именах, о которых идет речь в сборнике, за исключением, может быть, немногих, упоминается и в учебниках для средней и высшей школы, о людях, которые носили эти имена, знают до странности мало даже специалисты.

В XVI—XVII вв. ученые занимались самыми различными вопросами. Каждый из них был математиком, механиком, физиком, философом, литератором. Многие были также медиками, техниками, астрономами, конструкторами приборов. По характеру своих интересов все они были энциклопедистами. Их работа и их научные устремления были обусловлены экономическим развитием, социальными взаимоотношениями той эпохи, иногда национальными конфликтами и религиозной враждой. Именно развитие и борьба их идей на протяжении двух столетий и составили ту незримую научную революцию, которая столь повлияла на дальнейшие судьбы человечества.

Структура высшего образования и науки была тогда совершенно иной, чем в наше время. Еще в самом начале XII в. возникла форма высшего образования, получившая название университетов. Первые университеты были основаны в Оксфорде (XI в.), Болонье (1119 г.), Париже (1150 г.), Салерно (1173 г.), Монпелье (1180 г.). К началу XVI в. число европейских университетов уже превысило пятьдесят. В дальнейшем возникли университеты в Праге (1348 г.), Кракове (1364 г.), Вене (1365 г.), Будапеште (1385 г.), Братиславе (1467 г.). Старейший университет на Руси, Киево-Могилянская коллегия, был основан только в 1639 г.

Преподаватели и студенты западноевропейских университетов делились на нации и на факультеты. Деление на нации не имело ничего общего с национальностью: так, все студенты, жившие в странах к востоку от Рейна и к северу от Аппенин, относились к германской нации. Старейшими факультетами были теологический, юридический, медицинский и факультет свободных искусств. Последний был младшим по отношению к трем старшим факультетам и до некоторой степени подготовительным. Впоследствии его преобразовали в философский факультет, где позже открылись филологические, исторические, физико-математические, естественнонаучные отделения.

Университетская программа математики в XVI—XVII вв. если и отличалась от программы современной средней школы, то лишь по характеру изложения. Преподавались: арифметика, основы алгебры, начала тригонометрии, геометрии по Евклиду (не везде и не все книги). Изредка некоторые профессора математики читали своим студентам кое-что о конических сечениях. И это было все. Еще более ограниченные сведения сообщались

студентам по физике, механике, астрономии и ряду других предметов. Все они входили в состав «прикладной математики», а иногда, частично, в курс «философии». И в том и в другом случае читались весьма краткие курсы, в которых нередко сообщались сведения, лишь отдаленно напомилавшие истину. Крупные ученые редко занимали университетские кафедры: чаще это были синекуры для различных духовных и светских лиц, которым покровительствовали сильные мира сего. Конечно, здесь, за немногими исключениями, не могло быть и речи ни о какой работе для науки. Поэтому не было, кажется, ни одного крупного писателя, который бы не отозвался о трех старших факультетах и об их «ученых» представителях проницательно, начиная от «Гаргантюа и Пантагрюэля» Рабле (первая половина XVI в.). Мольер, Лесаж и другие изображали представителей факультетов в отрицательном виде. Вероятно, они кое в чем, если не во всем, были правы.

Но ведь во времена Рабле, Мольера, Лесажа возникала настоящая наука и жили великие ученые, о которых эти писатели молчат. Следовательно, в этом или молчаливое сочувствие («плохо говорить не хочется, а хорошо — нельзя») к Копернику, Галилею, Паскалю, или просто незнание. Ведь для нас Ферма, Гюйгенс, Торричелли, Декарт да и один из организаторов новой науки, общий друг ученых монахов Марен Мерсенн — все это живые люди, которые стали для нас центральными фигурами своего времени. А были ли они таковыми для своих, даже наиболее культурных, даже гениальных современников и не терялись ли они на фоне факультетских магистров и докторов в пышных алых и пунцовых мантиях?

Но работать и бороться в одиночку не легко. И вот с начала XVI в. ученые — не по должности, а по призванию, в том числе и некоторые университетские профессора, как, например, Роберваль, — объединяются в кружки, из которых самым известным был кружок Мерсенна в Париже. Эти кружки явились новой формой организации ученых: наиболее деятельные и известные из этих объединений, пользуясь поддержкой отдельных влиятельных лиц или даже самих монархов, принимают полуофициальную форму постоянных собраний ученых — академий. Академии начинают возникать с первой половины XV в.; можно назвать «Accademia Platonica», основанную в 1438 г. Козимо Медичи, «Accademia Vitruviana», основанную в Риме

в 1542 г., «Accademia dei Lincei», основанную в Риме в 1603 г., «Accademia del Cimento», основанную в Риме в 1607 г., и много других. В большинстве случаев деятельность этих кружков-академий была недолговечной, но некоторые из них сумели сплотить постоянные коллективы ученых, привлекая в свою среду научную молодежь, сумели получить финансовую поддержку правительства и стали официальными научными организациями. К их числу относятся и Французская академия наук, возникшая под непосредственным покровительством Кольбера на базе кружка Мерсенна в 1666 г., а также Королевское общество, основанное в Лондоне в 1660 г. по указу Карла II и тоже выросшее из частного кружка ученых, начавшего свою деятельность около 1645 г. В дальнейшем академии возникают уже по инициативе правительства. Так, в частности, была основана Санкт-Петербургская академия наук, в 1724 г. по указу Петра I, хотя и тут не обошлось без рекомендаций ученых — Лейбница и главы «ученой дружины» Петра — Феофана Прокоповича.

Таким образом, в XVI—XVII вв. не только было заложено основание развития современного научного естествознания и его рабочего инструмента — математики, но наука получила и новую организацию. Это не только облегчило материальное положение тех, кто занимался наукой, но и стимулировало возникновение новой профессии — ученого, давало возможность проводить все более усложняющиеся эксперименты, стоимость которых становилась уже не по карману отдельным энтузиастам.

Естественно, что охватить все стороны научной революции XVI—XVII вв. в одном сборнике не представляется возможным. И хотя написано о ней немало, но до сих пор остается множество спорных и невыясненных вопросов, над которыми еще предстоит работать. Стремясь к возможно более полному освещению как хода научной революции, так и деятельности основных ее участников и ее результатов, составитель и редактор включили в сборник не только специально написанные популярные статьи, но и ряд работ иностранных ученых.

Интересному и малоизвестному вопросу посвящена статья Э. Панофского «Галилей: наука и искусство (эстетические взгляды и научная мысль)». Как известно, понятие «изящных искусств» возникло лишь в XVIII в., а до этого художники и скульпторы были такими же уни-

версалами, как и другие специалисты средних веков, — Возрождения и периода научной революции; профессии их относились к «семи свободным искусствам»; если им приходилось преподавать, художники и скульпторы, вместе с математиками, входили в состав соответствующего факультета, а вообще они занимались *всеми* «искусствами», в том числе архитектурой, строительством каналов, фортификацией, устройством мельниц и военных машин. Не все были так гениальны и так разносторонни, как Леонардо да Винчи, но заниматься инженерным «искусством» приходилось многим.

Эстетические воззрения Галилея, характеризующие почти неизвестную до сих пор сторону его деятельности, представляют собой одну из существенных сторон его многогранного гения. Интересно, что в споре о двухмерном и трехмерном изображении действительности Галилей отдавал предпочтение двухмерному изображению, считая, что искусство выполнит свое назначение лучше, если его средства подражания действительности достаточно далеко отойдут от последней. Э. Панофский отмечает также существенную разницу в воззрениях Галилея и Кеплера на движение. В частности, анатомические представления Галилея оказываются в согласии с концепциями Леонардо да Винчи и расходятся со взглядами Кеплера. Несомненно, что это является результатом глубоких размышлений Галилея над вопросами теории искусства.

Работа Э. Дж. Айтона «Картезианская теория тяжести» выясняет некоторые аспекты влияния идей Гильберта и Кеплера на выработку Декартом его механической системы. Автор исследует генезис теории Декарта, спор о тяжести в Париже между Робервалем и Гюйгенсом, развитие картезианской теории Гюйгенсом и Сореном и теорию малых вихрей, предложенную Мальбраншем. Механистическая философия Декарта оказала огромное влияние на развитие философии естествознания в XVIII в. А в XVII в. она вызывала ожесточенные споры между великими людьми — споры, явившиеся причиной, а может быть, следствием длительной вражды.

В статье А. Н. Боголюбова «Механика и машины» рассматривается развитие машин и механизмов в XVI — XVII вв., а также связанная с этим предьстория науки о машинах, т. е. механики машин. Интересно, что в XVII в. впервые были высказаны мысли о необходимости

школьной подготовки инженеров; эта профессия начала приобретать самостоятельность, инженерам приходилось заниматься многими строительными и фортификационными вопросами, в частности и сооружением машин. Готовили инженеров путем ученичества, подготовка была длительной и стоила дорого. Один из крупнейших инженеров века, маршал Себастьян Вобан, сам построивший 33 крепости, восстановивший в десять раз больше и руководивший 50 осадами, говорил, что стоимость подготовки инженера достигает одной трети выполненных им впоследствии работ. Это было сказано на рубеже XVIII столетия, а через несколько лет Петр I устроил в Москве одну из первых в мире инженерных школ.

Механизмами и машинами в XVII в. занимались также и ученые: Декарт, Гюйгенс, Паскаль не только высказывали мысли, вошедшие впоследствии в науку о машинах, но и сами проектировали и строили механизмы.

Статья Л. С. Фреймана посвящена исследованию творчества трех крупнейших представителей точного знания эпохи научной революции — Ферма, Торричелли, Роберваля. Три очень непохожих человека — замкнутый домосед, немногословный юрист Ферма, открывающий блестящую плеяду великих математиков нового времени, задавший трудную задачу многим последующим поколениям математиков и тем послуживший возникновению и развитию новых отраслей науки, гениальный Торричелли, умерший молодым, но успевший высказать новые идеи в физике и в математике, и, наконец, один из немногих университетских профессоров — настоящих ученых, заклятый враг Декарта — Роберваль. В статье приводятся ряд малоизвестных фактов их жизни и деятельности и дается анализ научного творчества, а также выясняются их многочисленные связи с современниками.

Работа о Паскале продолжает ту же тему. Ее герой — одна из самых трагических фигур науки нового времени. Гениальный физик, математик, писатель, Паскаль в то же время был мыслителем и борцом. Автор исследует факты его биографии, зачастую неизвестные не только широкой публике, но и специалистам, и тщательно анализирует его многостороннюю деятельность. Если в статье о Галилее был дан выход в искусство, то здесь имеется также выход в литературу: Паскаль был не только великим ученым, но и великим писателем, и та

страстность, с которой потомки или хвалили, или ругали его, лишь доказывает непреходящую ценность его вклада в историю человеческой мысли.

Несколько статей сборника посвящены творчеству двух колоссов, завершающих научную революцию, — Ньютона и Лейбница. Они довели до конца дело многих поколений математиков — создание математического аппарата научного естествознания. Знаменитый спор о приоритете оказывается, в сущности, беспочвенным: к изобретению дифференциального и интегрального исчисления математики того времени приближались с разных сторон, так как оно вызывалось настоятельными и неотложными требованиями развития науки. Трудно даже оценить относительный вклад в науку каждого из великих соперников. Ньютону принадлежат «Начала» — краеугольный камень современного научного естествознания, но после него не осталось школы, а Лейбниц воспитал одну из крупнейших в мировой науке школ; в частности, от него ведет свою родословную династия Бернулли.

У Ньютона, кроме Лейбница, был еще один соперник — Гук, очень крупный ученый, испортивший Ньютону крови, вероятно, не меньше, чем Лейбниц. Некоторым вопросам научных взаимоотношений Ньютона и Гука посвящены статьи Р. С. Вестфала «Ответ Ньютона Гуку и теория цветов» и Л. Розенфельда «Ньютон и закон тяготения». Раскрывая историю возникновения «Начал», Розенфельд отмечает и притязания Гука на приоритет в установлении закона тяготения.

В работе И. Б. Погребысского «Лейбниц и классическая механика» исследуется вклад Лейбница в создание современной механики. Как указывает автор, Лейбниц почти не упоминается в истории механики нового времени, которая начинается Галилеем и кончается Ньютоном, что несправедливо. Несмотря на то, что Лейбниц не признавал Ньютоновой теории тяготения и отвергал пропорциональность инертной и тяжелой массы, он оказал существеннейшую услугу механике, введя в нее меру живой силы. Кроме того, Лейбниц провел глубокий анализ противоречий в понятии движения, рассматривал его неотрывно от материи и искал выход из затруднений, предположив возможность существования некоторых процессов преобразования материи, как составной части движения.

В статье Э. Б. Модиной и У. И. Франкфурта «Из истории научной мысли XVII в.» приведены исторические замечания, базирующиеся на литературе последних лет.

Мы видели, что героям научной революции, как, впрочем, и всем ученым, художникам и другим деятелям того времени, приходилось заниматься, кроме любимых дел, всем понемногу, да и любимых-то дел было несколько и лежали они в различных, порой несоприкасающихся плоскостях. Тогда такой универсализм не представлял собой ничего необычного: можно было быть доктором медицины, доктором прав и математиком. Подобные тенденции возникают и теперь. Оказывается, такие поиски могут быть весьма плодотворными. Только в связи с необъятным умножением печатной литературы и развитием наук эти разнородные и разнотонные увлечения дают плоды на стыке самых неожиданных идей и воззрений. Вероятно, своего рода заимствование идей и методов одной науки другой, правда не столь явное, как теперь, процветало и в эпоху научной революции. А чтобы это осуществлять, нужно было быть философом и механиком, искусствоведам и физиком, юристом и математиком. А еще — борцом, так как консервативные тенденции общего научного мнения преодолеть трудно.

Авторы статей, представленных в настоящем сборнике, уделили основное внимание развитию физических и математических идей в эпоху научной революции. Таково главное направление и цель сборника, и она, в определенной степени, выдержана. Значительное внимание уделено также и другим направлениям деятельности ученых, поскольку без этого общая картина была бы сухой и, пожалуй, не полностью и понятной.

Научная революция, проходившая в тишине, оставила после себя громкие дела и вечную славу. Ее герои были не только большими учеными, но и людьми со всеми слабостями, свойственными обыкновенным людям. Если после прочтения этого сборника читатель почувствует, что приобрел нечто такое, чего не имел раньше, и заинтересуется дальнейшими судьбами излагаемых здесь воззрений, можно считать, что цель сборника достигнута. А в этом заключается единодушное желание и составителей сборника и, вероятно, всех авторов.

А. Н. Боголюбов

ГАЛИЛЕЙ: НАУКА И ИСКУССТВО *

(ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ВЗГЛЯДЫ И НАУЧНАЯ МЫСЛЬ) ¹ *

Галилей — сын известного музыканта и теоретика музыки — вырос, в окружении скорее гуманистическом, чем естествоведческом, и навсегда сохранил интерес к искусству и литературе. Например, хорошо известно, что он посвятил многие месяцы и даже годы тщательного труда сравнению Ариосто и Тассо, восхваляя первого и разнося последнего. Поэтому биографы Тассо до сих пор относятся к Галилею критически, ибо последнему не удалось постичь величия Тассо, в то время как биографы Галилея относятся критически к Тассо, ибо последний не отвечал требованиям Галилея.

Однако мало внимания обращали на тот факт, что взгляды Галилея на другие искусства (хотя его соответствующие высказывания разбросаны в его трудах, а не сконцентрированы в одном месте) являются не менее определенными, чем его взгляды на поэзию. И если сопоставить все его утверждения, то вырисовывается эстетический подход, столь же последовательный и, возможно, связанный с его научными взглядами.

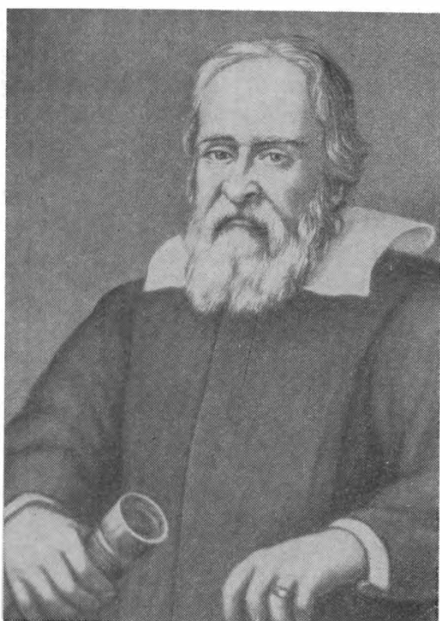
* Erwin Panofsky. Galileo as a Critic of the Arts (Aesthetic Attitude and Scientific Thought). «Isis», v. 47 (1956), part 1, № 147. p. 3—15.

** Цифрами отмечены примечания автора в конце статьи (они несколько сокращены; стр. 31—34).

Непосредственным доказательством того, насколько Галилей был расположен к искусству и художникам, является проходящая через всю его жизнь тесная дружба с Лодовико Чиголи (1559—1613) — наиболее выдающимся флорентийским живописцем его времени. Чиголи сотрудничал с Галилеем при собирании данных относительно солнечных пятен и засвидетельствовал свою искреннюю преданность великому другу в своей последней работе — фреске церкви Санта-Мария Маджоре (рис. 1), — поместив Ассунту* на Луне и нарисовав последнюю так, как она была видна в телескоп Галилея — покрытой изломанными линиями и многими маленькими островками, в точности, как на иллюстрациях к «Звездному вестнику»². Галилей, в свою очередь, пришел на помощь Чиголи, когда тот, находясь в то время в Риме, был вовлечен в дискуссию по вопросам теории искусства, продолжавшуюся чуть ли не два столетия. Чиголи был скромным человеком, который чувствовал, что абстрактные рассуждения — не его сильная сторона и попросил Галилея снабдить его аргументами против тех, кто утверждал, что скульптура выше, чем живопись. Галилей пришел ему на помощь в длинном письме, датированном 26 июня 1612 г., аутентичность которого следует принять в силу ряда соображений, в частности потому, что главный приведенный там аргумент соответствует безусловно аутентичному отрывку, написанному рукой Галилея.

Этот главный аргумент направлен против давних притязаний, будто трехмерные статуи, имеющие рельеф, которого лишены двумерные картины, в состоянии создать более убедительную иллюзию действительности. На это Галилей отвечает, интересным образом предвосхищая современное различие оптических и осязательных ценностей. Он говорит, что есть два совершенно различных рода рельефа, один из которых вводит в заблуждение чувство осязания, а другой — чувство зрения. То, что чувство осязания вводится в заблуждение, Галилей не считает существенным, ссылаясь на совершенно очевидные, можно сказать тривиальные, соображения, которые,

* Ассунта — богородица, возносимая на небо по усупии.



ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕИ

(1564—1642)

однако, раньше не приводились в подобной дискуссии: никто, притронувшись к статуе, никогда не поверит, что это живое существо. Относительно же того, что вводится в заблуждение чувство зрения, он утверждает, что все оптические эффекты относятся скорее к области живописи, чем к области скульптуры. Он говорит, что «произведения скульптуры имеют рельеф лишь постольку, поскольку они оттенены, т. е. частично освещены, частично находятся в темноте. ...а если мы покроем тенью все освещенные части скульптурной фигуры с помощью краски настолько, что ее тон станет полностью одинаковым, то фигура будет казаться полностью лишенной рельефа».

Это положение по существу сходно с тем, что говорил другой защитник живописи — Леонардо да Винчи, но с одним важным отличием: утверждая, что статуя, освещенная вполне рассеянным светом, будет казаться плоской. Леонардо описывает то, что получается при определенных

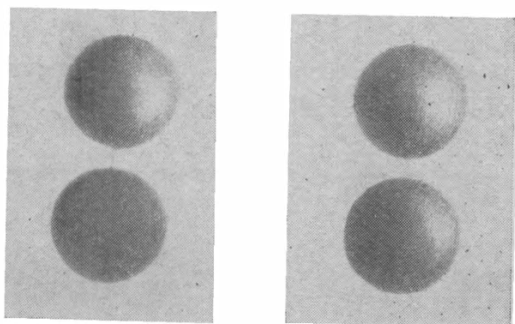


1. Л. Чиголи. Ассунта (фреска)

естественных условиях; Галилей же, предлагая покрывать статуя темной краской там, где она светла, описывает то, что может создать вмешательство человека, влияя на естественные условия. Леонардо обращается к явлению, которое может произойти или не произойти; Галилей предлагает опыт, который можно повторять по произволу. И я действительно повторил этот опыт в упрощенной форме, сфотографировав два красноватых резиновых шара, помещенных один над другим в тождественных условиях освещения до и после того как один из них был обработан в соответствии с указаниями Галилея. Рис. 2 показывает

нам эти два шара как настоящие сферы, на второй фотографии верхний шар, освещенная часть которого была искусственно затенена, имеет вид плоского темного диска.

Таким образом, Галилей сводит притязания скульптуры к одному неоспоримому факту: ее произведения ближе к естественным предметам в том отношении, что



2. Освещенные шары. Правый верхний кажется плоским

они обладают качеством трехмерности. Но говорит ли это обстоятельство в пользу скульптуры? Напротив, заявляет Галилей, это значительно снижает ее достоинство, потому что, и это самое замечательное принципиальное утверждение, чем дальше отстоят средства воспроизведения от воспроизводимого предмета, тем более заслуживает восхищения воспроизведение... Разве мы не восхищаемся больше тем музыкантом, который вызывает в нас симпатию к любовнику, изображая его горести и страсти в песне, в большей мере, чем если бы он это делал с помощью рыданий? И разве мы не восхищались бы этим музыкантом еще больше, если бы он все это сделал с помощью только одного инструмента и добился бы своей цели только с помощью диссонансов и страстных музыкальных фраз?

Как только теория музыки стала делом гуманистов, пришли к соглашению, что целью музыки является не только услаждение слуха слушателя, но и влияние на его душу, влияние эмоциональное, интеллектуальное и

нравственное. Конечно, были некоторые расхождения в оценке относительного значения таких целей, но никто не сомневался в том, что музыка живет в неотделимом единении с поэзией. Даже Мерсенн, который полагал, что основное значение музыки скорее чувственное, чем нравственное, или интеллектуальное, допускал ее в качестве иллюстрации слов, которым она придает их настоящий смысл. А отец самого Галилея утверждал, что текст «является самым важным делом в музыкальной композиции». Отец Галилея, наверно, перевернулся бы в гробу, если бы узнал, что его великий сын предвосхитил то, что Яков Буркгарт скажет примерно через 250 лет: «Музыку, если мы хотим проникнуть в сущность ее, следует воспринимать, как инструментальную музыку, отрешенную от слов».

II

Итак, по мнению Галилея, искусство больше всего дает тогда, когда его средство подражания (звуки в случае музыки, свет, линия и цвет в изобразительных искусствах) возможно резче отличается от изображаемого предмета: мир психологического опыта, с одной стороны, мир трехмерных предметов — с другой. И это подчеркивание четкого и ясного различения ценностей и приемов, которые в то время обычно рассматривались как неразделимые, является свидетельством того критического пуризма, о котором можно сказать, что он составлял характерную черту гения Галилея. Так же, как он предпочитал беспримесную инструментальную музыку песне, так же он настаивал и на отделении количества от качества, а науки — от религии, магии, мистицизма и искусства. Его открытие четырех спутников Юпитера было встречено криками ужаса со стороны тех, кто утверждал, что бог никогда не допустит, чтобы элементы планетной системы превысили численностью священное число семь, и было встречено криками торжества со стороны тех, кто полагал, что открытие Галилея еще раз показало метафизическую важность числа четыре. Сам же Галилей принял бы любое число, не помышляя о его библейском или неопифагорейском значении, так как сп выступал против всего того, что вело к нарушению границ.



3. Ганс Гольбейн. Посланники

Он любил поэтов и историографов, но он отказывался считать их авторитетами по вопросам физики (относясь к ним иронически, даже когда случалось, что они были правы)³. Он вовсе не был врагом прямой честной нескромности, но он осуждал ее, когда она была не к месту, в частности, когда неудачный поступок был совершен ненамеренно, и его раздражали неточности. Инстинктивно соглашаясь с бессмертным изречением Самюэля Батлера: «Я не осуждаю лжи, но я ненавижу неточность», он не возражал против фэй, драконов, гипогрифов и волшебников Ариосто, но его раздражало, когда Тассо хотел внушить ему, что в саду, находящемся внутри дворца, были холмы, долины, деревья, пещеры, реки и болота, и все это находилось на вершине высокой горы. И главное его воз-

ражение против «Освобожденного Иерусалима» заключалось в том, что эта поэма аллегорична. По его мнению, аллегорические поэмы, которые заставляют читателя все истолковывать как указание на нечто иное, напоминают те картины с перспективными трюками, которые известны под названием «анаморфоз» и где, говоря словами самого Галилея, нам показывают человеческую фигуру, которая выглядит как фигура, если на нее смотреть сбоку, а если на нее посмотреть прямо, что мы естественно и обычно делаем, то она оказывается каким-то смешением линий, цветов и странных химерических образов. Точно так же, полагал Галилей, аллегорическая поэзия заставляет непосредственно развивающееся повествование приспособляться к аллегорическому смыслу, смотреть на все сбоку и, таким образом, загружает рассказ фантастическими и излишними украшениями.

Лучше всего известный пример таких перспектив, которые при прямом рассмотрении представляют собой нечто нечетко запутанное, а при рассмотрении сбоку — нечто вполне отчетливое, — картина Гольбейна «Посланники» в Лондонской национальной галерее (рис. 3). Здесь передний план занят предметом, который заслуженно можно назвать «странным химерическим образом», и только если смотреть сбоку, со стороны крайнего нижнего левого угла, он оказывается черепом, который здесь служит заодно и *memento mori*, замысел, часто повторяющийся в портретах того времени, и замаскированной подписью, потому что имя Гольбейн означает в буквальном переводе «полая кость».

В другом месте Галилей сравнивает метод своих оппонентов, которые надергивают свои аргументы из различных цитат, взятых у Аристотеля, вместо того чтобы заглянуть «в великую книгу природы»⁴, с другой формой артистического плутовства, вызывавшей прежде немало восхищение патронов и критиков, но которая, по его мнению, должна быть рассматриваема только как забава. Он имеет в виду создание лиц или фигур с помощью набора предметов, соответствующего теме, но в отдельности составляющих последовательность второстепенных образов в пределах одного основного. В данном случае мы можем даже указать на то, что собственно было мишенью насмешек Галилея; он, в частности, указывает нам на воплощение земледелия, полностью составленное из земледельче-

ских орудий, и на воплощение времен года, полностью состоящее из плодов или цветов. Здесь он, очевидно, имеет в виду художника по имени Джузеппе Арчимбольдо (умер в 1593 г.), чьим работам (они частично сохранились) многие подражали и чьи работы восхвалялись в прозе и стихах в течение всей его жизни, что дало ему даже дворянство⁵.

III

И перспективные «анаморфозы» и то, что может быть названо двойными изображениями,— это забавное, но характерное проявление того особого стиля, который обычно называют маньеризмом. В «Основах теории искусства» Генриха Вельфлина сделана попытка охарактеризовать стиль XVII столетия — столетия, которое видело и возникновение пышного барокко Бернини и сурового классицизма Сакки или Пуссена — как полный контраст к классическому «высокому Возрождению», которое представляют Леонардо да Винчи, Рафаэль, Тициан. Но такое противопоставление возможно только, если опустить все то, что происходило в промежутке. В действительности, уже в 1515—1520 гг. возникла «антиклассическая» тенденция, противопоставившая идеалам рациональности выборочного правдоподобия, простоты и уравновешенности склонность к иррациональному, сказочному, сложному и диссоциирующему. Стиль XVII столетия был следствием двух течений, направленных против этого антиклассического или маньеристского стиля (оба они оформляются к концу XVI столетия), которые при всем их различии были едины в своем желании восстановить ценности высокого Возрождения: это революционный натурализм Караваджо и реформаторский эклектизм братьев Карачи* и Доменикино**. Первое течение поддерживалось, как это часто бывает, изощренными аристократами в той же мере, как и «длинноволосыми радикалами», а за второе ратовали «порядочные люди», в равной мере осуждавшие как «гру-

* Lodovico Carracci (1555—1619), Agostino (1557—1602), Annibale (1560—1609) — живописцы и граверы (первый из них и скульптор) болонской школы.

** Domenichino (т. е. маленький Доминик) — прозвище выдающегося живописца Domenico Lampieri (1581—1641).

бую», «без разбора», имитацию природы, так и причуды маньеризма и считавшие выражением своих взглядов теорию «прекрасного идеала», этой основной догмы академий.

Если сравнить, например, «Мадонну из Фолпньо» Рафаэля 1511—1512 гг. с «Мадонной» Аппибала Карачи, созданной лет на 80 или 90 позже, мы заметим, при всех различиях стилей и темперамента, общность основных стремлений. Фигуры Карачи, хотя они и нарисованы в более свободной, в более живописной манере и воодушевлены более напряженными чувствами, не отходят заметным образом от того, что Рафаэль рассматривал бы как естественную норму. Тут видна тенденция гармонизировать соотношения между поверхностью и глубиной, классическим объемом и окружающим пространством, рамкой и промежутками. И богоматерь, которая является преклоненным перед нею святым, легко доступна обозрению и восприятию зрителя.

Картина маньеристского направления, вроде «Непорочного зачатия» Вазари * 1540 г., отличается и от высокого ренессанса Рафаэля и от протобарокко Аппибала Карачи. Произвольность пропорций, угловатость движений выявляют напряжение и усилие, которые далеки и от спокойствия и от явной страсти. Формы строго моделированы, но ограничены тугими контурами, нагромождены в тесном пространстве, что не позволяет осуществить гармонию объема и поверхности, а сам предмет — это запутанная аллегория, которая, как мы знаем со слов самого художника, ставила в тупик и его самого и могла быть осуществлена им только с помощью многих ученых друзей.

IV

Галилей, который родился в 1564 г., был свидетелем восстания против маньеризма, и нетрудно догадаться, какую позицию он занял при этом. Он был если не другом, то во всяком случае дружески расположенным знакомым отца теории «прекрасного идеала» монсиньора Джованни Баттиста Агукки. Его верный друг Лодовико Чиголи играл

* Giorgio Vasari (1512—1574) — живописец и архитектор, известный также своими жизнеописаниями итальянских художников (имеется русский перевод).

во Флоренции такую же роль, какую братья Карачи и Доменикино играли в Риме. И если Чиголи обращался к Галилею как к авторитету в вопросах теории искусства, то Галилей ссылается на Чиголи как на авторитет в вопросах артистического вкуса. Например, когда он говорит, что Чиголи, «как и любой другой первоклассный живописец», насмеялся бы над теми, кто посчитал бы двойкие изображения в духе Арчимбольдо серьезными или даже образцовыми произведениями искусства⁶.

Эстетические суждения Галилея, касаются ли они музыки, живописи или поэзии, представляются, таким образом, обусловленными одним цельным принципом или, если угодно, одним непреодолимым предрассудком — предрасположением классика в пользу простоты, порядка и разделения жанров и против сложности, неуравновешенности и всех видов смешения. Что сам Галилей чувствовал подобное единство принципов, очевидно в силу того обстоятельства, что некоторые из самых сильных возражений против предмета его нелюбви — Тассо — облечены в образы, заимствованные у визуальных искусств. Так, он сравнивает аллегорический метод Тассо с уже упомянутой перспективной анаморфозой. А в самом начале своего рассуждения он описывает контраст между стилями Тассо и Ариосто в выражениях, которые, почти ничего не меняя, можно было бы применить к тем двум картинам Рафаэля и Вазари, о которых мы уже говорили, или к любой картине высокого Ренессанса при сравнении ее с любым произведением какого-либо маньериста, вроде Бронзино* или Франческо Сальвиати**, любимого живописца Тассо. Галилей пишет: «Рассказ Тассо скорее напоминает изделие деревянной мозаики, чем картину, написанную масляными красками, потому что в этой мозаике используются маленькие разноцветные кусочки дерева, которые никогда нельзя сложить вполне аккуратно, поэтому контуры остаются угловатыми и резкими, а фигуры поражают нас своей сухостью, жесткостью, отсутствием округленности. Напротив, в живописи маслом контуры мягко растворяются и, благодаря плавным переходам от одного цвета к другому,

* Angelo Bronzino (1501—1572), известен также под именем Angelo di Cosimo, — живописец и скульптор.

** Salviati Francesco (1540—1563) — живописец и скульптор.

картина становится нежной, округленной и рельефно богатой. Тени и образы Ариосто округлены... Произведения Тассо отрывочны, сухи и угловаты, его строфы заполнены, в поисках слов, образами, которые не имеют естественной связи с тем, что сказано или должно быть сказано».

В еще более любопытном отрывке, который, быть может, полностью оценят лишь историки искусства, Галилей проводит другую параллель: «Когда я погружаюсь в «Неистового Орланда», передо мной открывается комната сокровищ, праздничный зал, царская галерея, украшенная сотней классических статуй с бесчисленными историческими картинами самых превосходных мастеров, заполненная всем, что есть восхитительного и совершенного. На ум при этом приходят и Афинская школа и картины Джованни Паоло Паннини, изображающие богатые галереи». А при чтении «Освобожденного Иерусалима» Галилею кажется, что он входит «в кабинет какого-то человечка, которого интересуют курьезы и которому нравится заполнять свое помещение разными странными предметами, потому ли что они древние, или редкие, или еще по какой-либо причине, но по сути дела эти предметы — только хлам: какая-нибудь окаменелая лангуста, высушенный хамелеон, муха и паук, вставленные в изделия из яшмы, несколько тех маленьких глиняных фигурок, о которых говорят, что они попадают в древних гробницах Египта, ну а если перейти к живописи, то какие-нибудь небольшие эскизы Бачо Бандинели или Пармиджанино».

Здесь Галилей описывает, с подробностями и не без удовольствия, одну из тех кунсткамер или вундеркамер, которые так типичны для эпохи маньеризма. И когда он противопоставляет «бесчисленные законченные исторические картины самых превосходных мастеров» и «какие-то небольшие эскизы Бандинели и Пармиджанино», он не только отводит малое и пустячное — по сравнению с большим и возвышенным, отрывочное и предварительное — по сравнению с законченным и готовым, но и безошибочно и прямо указывает на двух художников XVI столетия, чьи имена до сих пор остаются синонимами маньеризма *pur sang**.

* чистых кровей (*фр.*)

Тассо никогда не потеряет своего места среди великих поэтов человечества, а наш XX век полностью пересмотрел огульное осуждение маньеризма как формы искусства. Двойные образы Арчимбольдо теперь пользуются популярностью в кругах, близких к Музею современного искусства в Нью-Йорке. Некоторые из нас предпочли бы иметь забавную кунсткамеру, полную разных ненужных предметов, окаменелых лангуст и работ Пармиджанино, чем настоящую галерею, заполненную мраморными римскими статуями и картинами Рафаэля. Не так мало людей, у которых длительная диета, меню которой ограничено нержавеющей сталью и зеркальным стеклом, породила вкус к такой менее гигиенической продукции, как дворец Спада или Казино Пия IV. Но если Галилей предполагал, что он боролся и одолел дух Тассо, подобно тому, как Лютер боролся с дьяволом вплоть до своего последнего дня, то его подход требует почтительного внимания. Мы не можем объяснить соображения относительно Тассо продуктом исторических условий, потому что многие почтенные люди придерживались противоположных взглядов в одно время с Галилеем. Мы не можем их отклонить как «юношеское заблуждение, вызванное ползучим рационализмом наивного одностороннего научного подхода». В действительности надо добиваться не того, чтобы опровергнуть это резкое заявление страстного исследователя Тассо, а взять его и переделать в некое утверждение дополнительности. Если подход Галилея к науке оказал влияние на его эстетические суждения, то не мог ли его подход к эстетическим проблемам повлиять на его научные теории? Или же, чтобы быть более точным, не подчинялся ли он и как ученый, и как критик искусства одним и тем же определяющим тенденциям?

V

Общеизвестен и вызывает недоумение тот факт, что Галилей все время игнорировал законы Кеплера, хотя он заведомо знал первые два закона не позже 1612 г.⁷

Если допустить, что Галилей излагал систему Коперника в ее первоначальной форме (круговые, а не эллиптические орбиты и равномерное движение по ним вместо периодических ускорений и замедлений), чтобы сделать ее легче перевариваемой для широкого круга читателей,

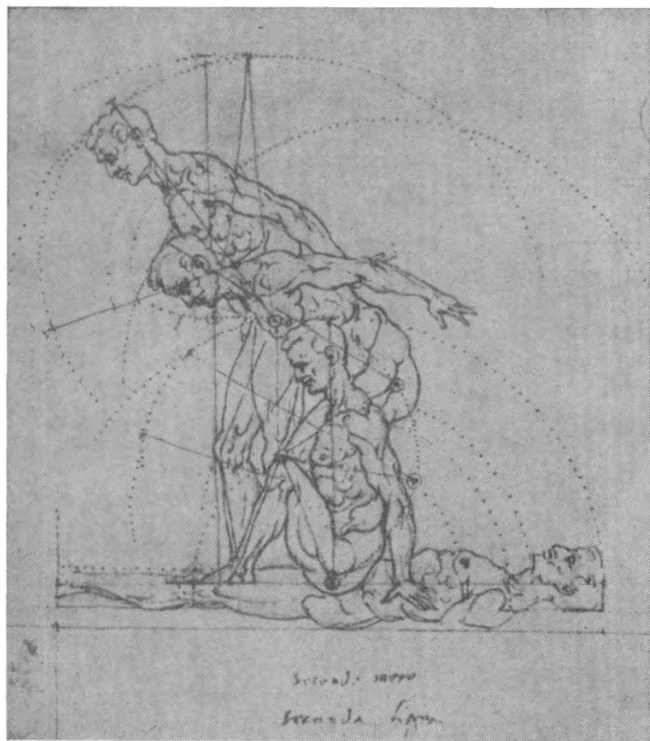
то это *может* объяснить отсутствие законов Кеплера в «Диалоге» Галилея.

Однако это не объясняет того, что законы Кеплера полностью исключены из всех построений Галилея⁸. Создается впечатление, что он целиком устранил их из своего мышления — что-то вроде акта автоматической самозащиты — как нечто несовместимое с самыми основами, на которые опирались и его мышление, и его воображение⁹.

Все знают знаменитое место в самом начале «Диалога», где Галилей поддерживает убеждение, которого придерживались и последователи Платона, и последователи Аристотеля, что круг является совершенным не только с математической и эстетической точки зрения, но и с точки зрения механики. Согласно Галилею, свойства равномерности и перманентности, закрепленные в послегалилеевой динамике за прямолинейным движением, относятся исключительно к круговому движению — движению, которое мы, благодаря Гюйгенсу и его последователям, научились рассматривать как векторно ускоренное. «Круговое движение естественно (т. е. без внешнего вмешательства) присуще телам, составляющим Вселенную и размещенным в наилучшем порядке; прямолинейное движение сообщается природой телам и их частям только там, где они размещены в плохом порядке, не на своих естественных местах». Общеизвестно также, что Галилей, рассматривая абсолютное движение свободно падающих тел в предположении, что Земля движется, ошибочно считает их траекторию идеальной полуокружностью, соединяющей исходную точку с центром Земли¹⁰. Но лишь немногие из приверженцев Галилея нашли в себе мужество принять эти заявления так, как они сформулированы, а ведь торжественно сформулированные выводы Галилея при обсуждении абсолютного движения изложены на языке метафизики и даже эстетики в такой же мере, как и вводные замечания «Диалога».

У нас есть полное основание поставить вопрос, не надо ли все подобные места принимать всерьез не вопреки, а благодаря тому обстоятельству, что они изложены на языке метафизики или даже эстетики. Не является ли их *style soutenu** выражением той глубокой убежденности,

* высокопарный слог (*фр.*)



4. Последовательность движений встающего человека
(по Леонардо да Винчи)

убежденности пуриста и приверженца классиков, которая, с одной стороны, обуславливала непримиримое отращение Галилея к «нечистой» музыке, аллегорической поэзии, перспективным анаморфозам, двойственным изображениям, а с другой стороны, создавала ту *hantise de la circularité** (воспользуемся этим великолепным выражением Александра Койре), которая исключала для него возможность представлять себе солнечную систему как сочетание эллипсов. Там, где мы воспринимали бы окружность как частный случай эллипса, Галилей не был в состоянии видеть в эллипсе что-либо, кроме искажения окружности: форму, так сказать, недостойную небесных

* одержимость округленностью (фр.)

тел, которая не могла получиться из того, что он рассматривал как равномерное движение, и которую, добавим, столь же подчеркнуто отвергало высокое Возрождение, сколь любезна она была маньеризму. В живописи она не встречается до Корреджо, в скульптуре — до Джан Мариа Фальконетто¹¹, Пьерино да Винчи и Гульельмо делла Порта, в архитектуре (если не учитывать первый проект Микеланджело усыпальницы Юлиа II, в который эллиптичность как бы прокралась, оставаясь, принадлежа интерьеру, невидимой снаружи) — до Бальдассаре Перудзи.

Напротив, Кеплер развеял «чары округленности» не только тем, что установил эллиптичность планетных орбит, но и значительно более общим образом.

В противоположность Галилею, хотя еще не в том же смысле, что в послегалилеевой физике, Кеплер считал «естественным» для физического мира не круговое, а прямолинейное движение. Он писал: «Я отрицаю, что бог установил какое-либо вечное непрямолинейное движение, не находящееся под контролем мысли». Контраст между взглядами Галилея и Кеплера становится до забавности наглядным, когда и тот и другой пытаются подкрепить свою небесную механику, сопоставляя движения светил и движения человеческого тела. Кеплер заверяет нас в том, что «все мускулы действуют согласно принципу прямолинейного движения: голова при наклоне, ноги и язык приводятся в движение прямыми мускулами, последовательно сжимающимися и разжимающимися». Галилей же, принимая во внимание скорее результаты (изменение положения), чем причины (мускульное воздействие), приходит к прямо противоположному выводу. Он утверждает, что «все движения человека или животных — круговые», а на возражение, что человек может бегать, прыгать, шагать вверх и вниз и т. п., он отвечает: «Да, но это только вторичные движения, зависящие от первичных, происходящих в суставах. Прыжок или бег являются результатом сгибания ноги в колене и ее движения в бедре, а это круговые движения».

Таким образом, Галилей сводит все человеческие движения к системе циклов и эпициклов. В достаточной мере любопытно, что точно такую мысль выдвинул Леонардо да Винчи в своем «Трактате о живописи», и он ее систематически разрабатывал в трактате о человеческих

движениях, который можно реконструировать по компиляции одного из его последователей (рис. 4). Вряд ли Галилей мог знать о взглядах Леонардо. Но заслуживает быть отмеченным то, что его представления о движениях человека полностью согласуются с концепциями первого живописца высокого Возрождения и расходятся со взглядами величайшего астронома среди его современников. В таком расхождении помимо вопроса о круговом — прямолинейном движениях выявляется капитальное различие между кинематической и динамической интерпретациями движения, различие, которое, как указывал Александр Койре, относится и к астрономическим, и к анатомическим представлениям Галилея и Кеплера¹².

VI

Надо ли отсюда сделать вывод, что Кеплер был больше «модернистом», чем Галилей? Это было бы весьма далеко от истины. Если Кеплер был в нескольких случаях более прав, чем Галилей, то не потому, что имел меньше предрассудков, а потому, что его предрассудки были другого рода. И одним из наиболее забавных парадоксов истории является то, что в некоторых вопросах Галилей ошибался именно потому, что был более «прогрессивен» в принципе, чем Кеплер.

В конечном счете Кеплер и его друзья были не менее глубоко привержены к убеждению в метафизическом главенстве (мы бы сказали — в привилегированном статусе) окружности и сферы, чем Галилей. Действительно, Кеплер был строгим платоником (или аристотелианцем) в том отношении, что допускал онтологическое отличие геометрических фигур от физических тел, а Галилей отваживался это отрицать¹³.

Галилей учил тому, что идею сферы или идею круга надо считать адекватно реализованными в любых материальных сфере и круге. Кеплер же еще проводил резкую грань между «мыслимой идеей круга» и «действительным путем планеты». Но как раз эта «модернистская» геометризация природы или, иначе выражаясь, материализация геометрии не позволяла Галилею отрицать привилегированный статус «окружности» в физике и астрономии, раз таковой аксиоматически принимался в математике и эстетике. Между тем «консервативный» подход Кеплера,

разграпичивавшего идеальные и материальные формы, давал ему возможность утверждать, что даже небесные тела, раз они тела, могут отклоняться от совершенного кругового хода, сколь бы последний ни был желателен с метафизической точки зрения, если законы природы требуют такого отклонения. Кеплер писал: «Если бы небесные движения были произведением разума, можно было бы с основанием заключить, что орбиты планет совершенные круги...; однако небесные движения — произведения не разума, а природы, т. е. природной способности тел или души, действующей в полном согласии с этими телесными способностями...; даже если допустить, что мы наделили планеты сознанием, это сознание не было бы в состоянии достичь того, что хочет, т. е. абсолютного совершенства круга; ибо ...поскольку для осуществления движений необходимы, помимо разума, природные и животные качества, последние следовали бы своим собственным склонностям (*ingenium*); они не всё делали бы согласно велениям разума, которых они не воспринимали бы, и многое делали бы в согласии с природной необходимостью».

Здесь Кеплер явно отбрасывает математический и эстетический предрассудок, который неявно принимается Галилеем. Но он отбрасывает его, как видно из самого приведенного текста, во имя анимистической космологии, которая всегда была чужда Галилею и вторжение которой в «чистую науку» должно было шокировать Галилея как нечто не менее устарелое, незаконное и, если так можно выразиться, маньеристское¹⁴, чем аллегорическая поэзия Тассо, перспективная анаморфоза и «двойственные образы» Арчимбольдо (кстати сказать, придворного живописца у патрона Кеплера, императора Рудольфа II). Кеплер (еще раз сошлемся на Александра Койре¹⁵) смог заменить небесную кинематику небесной динамикой, потому что он никогда не отказывался от традиционной аристотелевской интерпретации движения как «процесса» (согласно Кеплеру, планеты остановились бы на своем пути, если бы *species motrix* * или *virtus motoria* **, излучаемая по предположению Солнцем, перестала бы на них действовать), тогда как Галилей дошел до интерпретации движения как «состояния». Подобно тому,

* движущее свойство (лат.)

** двигательная мощь (лат.)

как Галилей игнорировал и в некотором смысле был обязан игнорировать эллипсы Кеплера, так Кеплер игнорировал и в некотором смысле был обязан игнорировать принцип инерции, вполне ясно, хотя и в ограниченной формулировке, высказанный Галилеем во «Втором письме о солнечных пятнах» 1612 г.¹⁶

ПРИМЕЧАНИЯ

- ¹ Эта статья представляет собой сокращенный и отчасти измененный вариант изданной в Гааге брошюры автора «Галилей как критик искусства» (Erwin Panofsky. Galileo as a Critic of Arts, the Hague, 1954), в которой читатель может найти все ссылки на источники. Многие цитаты, приведенные в брошюре, здесь даны короче и, отчасти, в более свободном изложении.
- ² Одинадцать лет спустя у изображения Луны Галилея, созданного живописцем Чиголи, появился поэтический соперник — описание в поэме «Адонис» Дж. Б. Марино (Giovanni Battista Marino. Adone, строфы 34—44), кульминационным пунктом которого является хорошо известное прославление Галилея и открытий, сделанных им с помощью телескопа, в том числе открытия спутников Юпитера. Другой пример — поэма Т. Кампаили «Адам» (Tommaso Campanella. L'Adamo, ovvero il Mondo creato. Roma, 1637, III, 1—99). В то же время другие поэты и поэтишки высмеивали или опорачивали телескоп (см. статью: H. G. Dick. The Telescope and the Comic Imagination в журнале «Modern Language Notes», 1943, v. 58, p. 544 ff.), особенно в гербовниках и сборниках эмблем, которыми историки литературы склонны пренебрегать. Например, Johannes de Brunes в «Emblemata of Zinne — werck» (Amsterdam, 1623, p. 333) сравнивает эффект телескопа — увеличивать размеры — с подобным же эффектом, вызываемым ревностью, завистью, ненавистью, а Paolo Moccio в «Emblemata» (Bologna, 1628, p. 17) проводит сравнение с хвастовством. Silvestro Pietrasanta в «Symbola Heroica» (Amstelodami, 1634; см. второе издание 1682 г., стр. 23) нагло заявляет, что недостатки в характере великодушного князя не более реальны, чем солнечные пятна, которые, согласно Пьетрасанта, только обман зрения, вызванный колебаниями оптического specillum*.
- ³ Мне указывали на одобрительную ссылку в «Двух новых науках» Галилея (Ed. naz., VIII, p. 169) на Ариосто (Ariosto. Orlando furioso, XVII, 30). Там Галилей разъясняет, что кости существа, большего, чем существующие в природе, должны либо быть непропорционально утолщены, либо состоять из какого-то другого вещества, если они должны выполнять свои обычные функции. При этом Галилей замечает, что Ариосто, возможно (forse), имел это в виду, когда описывал гиганта следующим образом:

Non si può compartir quanto sia lungo
Si smisuratamente è tutto grosso.

* зонд (лат.)

(Нельзя было сказать, насколько он был высок,
Так все в нем было непомерно толсто.)*

Как нам кажется, Галилей паделяет своего любимого поэта научной пронизательностью в большей мере, чем это было на деле: Ариосто хочет сказать, что, если столь непомерна толщина («ширина» — *grosso*) гиганта, — а ее сравнительно легко было оценить, так как гигант стоял на одном уровне со смотревшим на него, — то прикинуть, насколько длинен гигант, намного превышавший уровень глаз зрителя, было просто невозможно. Но даже если толкование Галилея правильно, то он, надо думать, в этом месте не ссылается на Ариосто, как на авторитет в вопросах, относящихся к физике (как это делали те, кто пытались доказывать какую-нибудь научную теорию примерами, взятыми у классиков). Скорее это было весьма изящным восхвалением своего *accortissimo* поэта (благоразумнейшего поэта) со стороны Галилея приписать Ариосто нечто вроде пророческой догадки о том, что он, Галилей, открыл больше, чем сто лет спустя.

⁴ По поводу длинной истории образа «книга природы» см.: E. R. Curtius. *Europäische Literatur und lateinisches Mittelalter*. Bern, 1948, S. 323 ff. Небезынтересно указание на введение к книге «Теология природы» Раймунда Себундского (Ramon de Sabunde, а также Raymundus Sebundius, Raymond Sebonde. *Theologia naturalis sive liber creaturarum*). Там автор (он умер профессором университета в Тулузе, в 1436 г.) говорит, что бог дал нам две книги, «книгу природы и Библию», и что он, Себундиус, намерен ограничиться первой из них. «*Theologia naturalis*» попала в «Индекс запрещенных книг», когда Галилей был семнадцатилетним юношей.

⁵ Включить это интересное место, по недосмотру опущенное при первоиздании, предложил Стиллман Дрэйк (Stillman Drake). Оно относится к «Третьему письму о солнечных пятнах» (*Le Opere di Galileo Galilei*. Ed. Naz., V. Firenze, p. 190 ff.).

⁶ Об успехах Арчимбольдо (Arcimboldo — придворный живописец подряд трех немецких императоров: Фердинанда II, Максимилиана II и Рудольфа II) и о восхвалениях, которые расточались ему критиками и поэтами два или три десятилетия до Галилея, см., в частности: (Giovanni Paolo Lomazzo. *Trattato della pittura*. Milano, 1584).

Ломатцо в своем «Трактате» воспроизводит стихотворение Григория Команини (Gregorio Comanini; ср. с его «*Il Figino*», Mantua, 1591), в котором восхваляется *Флора*, целиком составленная из цветов. Это стихотворение настолько характерно для «обоюдозначного» (Галилей сказал бы — косоного, кривого) стиля и хода мысли, что его стоит привести полностью:

Son'io Flora ò pur Fiori?
Se Fiori, come di Flora
Hò col semblante il riso? e s'io son Flora
Come Flora è sol Fiori?

* Г. Г а л и л е й. Избранные труды в двух томах, т. 2. М., изд-во «Наука», 1964, стр. 216.

Ah non Fiori son io; non son'io Flora.
 Anzi son Flora, e Fiori,
 Fior mille una Flora,
 Viui Fiori, viua Flora,
 Perch'i Fiori fan Flora, e Flora i Fiori,
 Sai come? I Fiori in Flora
 Cangio saggio Pittore, Flora in Fiori.

(Я Флора или я только цветы? Если я цветы, то как же на моем лице улыбка Флоры? А если я Флора, то как же Флора — только цветы? Я не цветы и не Флора. Все же я и Флора, и цветы тысяча цветов и одна Флора, живые цветы и живая Флора. Ибо цветы составляют Флору, Флора — цветы. А как? Искусный живописец превратил цветы во Флору, Флору — в цветы).

- ⁷ Что Галилей рано познакомился с первым и вторым законами Кеплера, бесспорно доказывает письмо, посланное ему Федерико Чези (Federico Cesi) 21 июля 1612 г. (Galileo. Ed. Naz., XI, p. 365f.); на это письмо не ссылаются ни Ольшки, ни Штраусс, ни Вольвиль, ни другие, но значение этого письма подчеркивал Фаваро еще в 1916 г.
- ⁸ См.: А. Коурге. Attitude esthétique et pensée scientifique. Critique, IX (t. XII, № 100—101).
- ⁹ Аналогичную мысль высказал Сантильяна (G. de Santillana. The crime of Galileo. Chicago, 1955, p. 106, note 29): «До Галилея, по-видимому, через кого-то (Чези или Кавальери) дошло упоминание об эллиптических орбитах, но в его сознании оно должно было привести в движение некий защитный механизм, потому что его теория нуждалась в кругах как в физической реальности».
- ¹⁰ По поводу этой проблемы у Галилея см.: А. Коурге. An unpublished letter of Robert Hooke to Isaac Newton. «Isis», 1952, v. 43, p. 312 ff.; его же: A Documentary History of the problem of fall from Kepler to Newton «Transactions of the Americ. Philos. Soc. (new ser.)», 1955, v. 45, n° 2.
- ¹¹ Относительно эллиптических в плане построек в архитектуре и теории архитектуры Ренессанса см.: W. Lotz. Die ovalen Kirchenräume des Cinquecento, Römisches Jahrbuch für Kunstgeschichte. 1955, t. 7, p. 9 ff.
- ¹² А. Коурге. Attitude esthétique..., p. 844.
- ¹³ Относительно подхода Кеплера к проблеме абсолютного движения свободно падающих тел см.: А. Коурге. Соч., указ. в примеч. 10.
- ¹⁴ См.: А. Коурге. Attitude esthétique..., pp. 843, 846.
- ¹⁵ Там же, стр. 847.
- ¹⁶ Galileo. Ed. Naz., V, p. 134 f.: «Ибо я полагаю, что заметил у тел в природе наличие естественной склонности к некоторому движению подобно тому, как у тел тяжелых есть склонность к движению вниз, и это движение происходит у них в силу внутреннего начала (per intrinseco principio) и не нуждается в каком бы то ни было внешнем двигателе... И потому по устранении всяких внешних препятствий тяжелое тело на сферической поверхности, концентрической с Землей, будет безразлично к покою и к движению по направлению любой

части горизонта, и оно будет оставаться в том состоянии, в какое его однажды привели. Таким образом, если оно приведено в состояние покоя, оно будет в нем оставаться, а если оно приведено в движение, например, по направлению к западу, оно будет сохранять это движение. Так корабль, получив однажды какой-то импульс при спокойном море, непрерывно двигался бы вокруг нашего шара, и это движение никогда не прекратилось бы, а находясь в покое, всегда был бы неподвижен, если бы, в первом случае, можно было бы устранить все внешние препятствия, а во втором — если бы никакая внешняя движущая причина не подействовала внезапно». Автор обязан Стиллману Дрэйку указанием на то, что Кеплер игнорировал ограниченный принцип инерции Галилея точно так же, как Галилей игнорировал первый и второй законы движения планет, установленные Кеплером.

КАРТЕЗИАНСКАЯ ТЕОРИЯ ТЯЖЕСТИ*

Трудно определить, оказали ли влияние на Декарта Гильберт и Кеплер. Некоторые места в трудах этих авторов показывают, что они, по-видимому, повлияли на развитие идей Декарта. Уже описан отрывок из Кеплеровой «*Astronomia Nova*», где мы встречаем идею Декартова вихря¹.** Картезианская мысль, что причину веса следует видеть в действии жидкой материи, появилась в «*De magnet*» Гильберта. Обсуждая электрическое притяжение, Гильберт писал: «Ввиду того, что материя может воздействовать лишь путем соприкосновения, а эти электрические тела, очевидно, не прикасаются к другим, необходимо признать, что одно тело выпускает в сторону другого нечто такое, что приходит в близкое соприкосновение со вторым телом и является началом, возбуждающим его». Он продолжает: «И воздух (общее истечение земли) объединяет разрозненные части, и земля при посредстве воздуха привлекает к себе тела; иначе тела, находящиеся в высоких местах, не так стремительно неслись бы к земле»². Хотя Гильберт не пытался объяснить механизм этого действия воздуха, он подкрепил опытом ту мысль, что притяжение есть результат действия жидкости. Два твердых тела, плавающих в жидкости, стремятся сбли-

* E. J. Aiton. The Cartesian theory of gravities. «Ann. of Science», 1959, 15, № 1, p. 27—49.

** Цифрами отмечены примечания в конце статьи (стр. 60—63).

зяться, что показывает, по Гильберту, что это движение есть результат действия жидкости.

Идеи Гильберта: действие через контакт и объяснение притяжения действием жидкостей — фундаментальные идеи системы Декарта. Хотя Декарт читал «De magnetе»³, он не признавал себя чем-нибудь обязанным этому источнику.

1. ДЕКАРТОВА ТЕОРИЯ ТЯЖЕСТИ

В «Principia philosophiae» Декарт стремился вывести все действия природы из «ясных и отчетливых идей» или первичных принципов (первопричин). Опыт занимал небольшое место в его аксиоматическом методе.

Земная тяжесть Декартом принималась как пример явления сцепления. На место Платоновой естественной склонности частей соединяться вместе, он поставил действие «тонкой материи» (*matiere subtile*)⁴. Эта материя, двигаясь по всем направлениям, например вокруг капли воды, вызывает во всех точках поверхности равную силу, направленную к центру. Эта же материя, вращаясь вокруг Земли, делает ее шарообразной и «толкает к ней все тела, которые называют тяжелыми» (Декарт)⁵. Аналогия между каплей воды и Землей, однако, не вполне точна, потому что Декарт прибавляет, что эфир (мы употребляем это слово как синоним «тонкой материи») использует превышение его скорости над скоростью Земли «как для того, чтобы вращаться быстрее Земли в том же направлении, так и для различных других движений во все стороны» (Декарт).

Декарт думал, что при отсутствии эфира тела не имели бы веса. Эфир, обладая большей скоростью, «имеет больше силы удалиться от центра вращения, чем любая частица земли» (Декарт). Поэтому, если земное тело поднято над поверхностью Земли, оно смещается вниз эфиром, который поднимается, чтобы занять место этого тела. Поскольку эфир, занимающий пространство между твердыми частицами в теле, стремится сделать это тело более легким, тела равного объема будут иметь разные веса, зависящие от отношения эфира и твердой материи в телах. В жидкостях внутреннее движение частиц делает их еще легче^{5a}. Непохоже, чтобы кто-нибудь из последователей Декарта позаботился проверить это заклю-



РЕНЕ ДЕКАРТ
(1596—1650)

чение путем взвешивания куска льда и воды, получившейся из этого куска после его плавления.

Согласно описанной теории, тяжесть должна быть направлена не к центру Земли, поскольку эфир вращается быстрее Земли, имея при этом «разные другие движения во все стороны» (Декарт), а к некоторой точке, расположенной между центром и основанием перпендикуляра к оси⁶.

Хотя Декарт признавал, что тела падают по направлению к центру Земли, его объяснение, которое должно было бы соответствовать изложенной теории, в действительности включает новую мысль и дает другую теорию. Тела падают к центру Земли, пишет Декарт, потому что «хотя небесные частицы (эфир) движутся одновременно самым различным образом, они тем не менее уравниваются (свои движения) и располагаются одна против другой так, что простирают свое действие равномерно во

все стороны; и также потому, что масса Земли по своей твердости отвергает их движения, они стремятся удалиться во все стороны от ее соседства⁷ вдоль прямых, проведенных из ее центра, и только частные причины вносят сюда некоторые различия; и я легко могу себе представить две-три такие причины, но я еще не проделал опытов, которые мне разъяснили бы, ощутительны или нет следствия этих причин» (Декарт)⁸.

Это как будто подразумевает, что реакция Земли на «шарики» (сферические частицы, из которых главным образом составлен эфир) изменяет центробежную силу, вызванную циркуляцией, в радиальную. Цитата показывает также подчиненное место опыта в физике Декарта. Его назначением не является проверка того, имеется или нет какое-нибудь явление, т. е. проверка гипотезы, но только определение величины этого явления, установленного а priori посредством дедукции из первоначин.

В одном из его писем к Мерсенну Декарт подтвердил, что вопрос о том, изменяется ли вес⁹ с удалением от Земли, очевидно, не может быть решен а priori и должен быть подвергнут эксперименту, хотя он признавал, что самые высокие башни, на которых эксперимент мог бы быть произведен, по всей вероятности слишком низки по сравнению с радиусом Земли для того, чтобы можно было измерить какую-либо разницу. Более интересно упоминание Декарта о другом «опыте», по-видимому подтверждающем мнение, что вес уменьшается по мере удаления от Земли, именно, что «планеты», такие, как Луна и Венера, будучи телами, подобными Земле, должны иметь тяжесть и упасть на Землю, «если бы не их большее удаление, которое полностью лишает их этой склонности» (Декарт)¹⁰. Любопытно, что Декарт, располагая знанием закона инерции, не смог бы увидеть, что в действительности Луна падает по направлению к Земле, так что большее расстояние не «лишает полностью склонности» (Декарт). Он мог бы сравнить падение Луны с падением яблока. Не имея математических теорем о центробежных силах, открытых позднее Гюйгенсом, Декарт не мог опередить Ньютона. Его математическое дарование было, по-видимому, таково, что он мог бы открыть эти теоремы, если бы его интересы лежали в этой области. В другом письме к Мерсенну Декарт набросал опыт, который иллюстрирует его теорию тяжести. Для объясне-

ния того, каким образом «тонкая материя», двигаясь вокруг Земли, заставляет тяжелые тела падать к центру, он писал:

«Наполните круглый сосуд свинцовой дробью и поместите в этой дроби несколько кусков дерева или другого вещества, более легкого, чем свинец. Заставив быстро вращаться этот сосуд вокруг его центра, Вы найдете, что этот свинец отбросит эти куски дерева или камня к центру сосуда, хотя они намного больше, чем мелкая свинцовая дробь, которая у меня изображает тонкую материю»¹¹.

Хотя этот эксперимент — не вполне подходящая иллюстрация Декартовой теории, возражение Гюйгенса против представления «тонкой материи» свинцовой дробью и больших земных тел — кусками дерева не имело силы. Существенное различие, согласно картезианской физике, между земными телами и эфиром заключалось в размерах, а не в плотности. Действительно, слабым местом в эксперименте было то, что свинец и дерево имели одну скорость, в то время как именно большая скорость эфира обуславливала смещение земных тел вниз. Поскольку тело могло падать только с той скоростью, с какой эфир мог подняться, чтобы освободить ему путь, скорость эфира кладет предел скорости падения. Эта предельная скорость, по Декарту, достигалась после нескольких футов. Декарт считал, что тело, если его мгновенно освободить, приобретало небольшую, но конечную скорость и что затем в течение небольшого времени эта скорость увеличивалась приблизительно пропорционально времени¹².

Сильным соперником картезианской теории тяжести было Кеплерово представление о тяжести как о взаимном притяжении между тяжелыми телами и Землей. Мысль Кеплера о взаимном притяжении была новым отправным пунктом и представляла собой первый шаг в развитии теории Ньютона. Имелось очевидное различие между Кеплеровым притяжением и теорией Платона, принятой Коперником и Галилеем. По этой теории частицы имели естественную склонность соединяться. Источником движения являлся инстинкт движущегося тела, следовательно, по силе он был постоянным. Кеплерова теория содержала все трудности, связанные с действием на расстоянии, но, располагая источником движения вне движущего тела, она позволяла понять изменение тяжести с рассто-

анием. Любопытно, что именно Декарт обратил гипотезу Кеплера в теорию всеобщего тяготения. Это он сделал, неверно истолковав защиту Робервалем Кеплеровой теории. Хотя в работах Роберваля нет ничего, что заставило бы предполагать, что Роберваль пошел дальше Кеплера в понимании взаимного притяжения между телами, Декарт предположил, что он защищает всеобщее тяготение. Следует думать, что Декарт даже при истолковании конкурирующей теории не мог просто освободиться от основ собственных воззрений. Если предположить, что метафизические идеи Декарта окрашивали его толкование Роберваля, то неправильное представление объясняется просто. Ибо в картезианской системе материя обладала единственным качеством — протяженностью, и притяжение, если оно имелось, необходимо было всеобщим.

Декарт также предполагал, что гипотеза Роберваля приписывала телу интеллект. Опять-таки возможно, что Декарта привели к этому предположению его собственные метафизические идеи¹³.

Материя трактовалась Декартом как полностью инертная и не могла действовать на расстоянии; поэтому единственно возможным источником движения был ум. Так, в одном письме к Мерсенну Декарт писал:

«Потому что, чтобы это понять, надо не только предположить, что каждая частица материи Вселенной имеет душу и даже много разных душ, которые не мешают друг другу; но даже [предположить], что эти души снабжены умом и почти божественные; они могут узнавать, что происходит в местах, весьма удаленных от них, без всяких посланцев, которые бы их оповещали, и проявлять там свою силу»¹⁴.

2. ДИСКУССИЯ О ТЯЖЕСТИ В КОРОЛЕВСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Среди первых членов основанной в 1666 г. Королевской академии наук были Гюйгенс, воспитанный на картезианской философии, и Роберваль, непримиримый противник этой философии. Немного позже к ним присоединились Мариотт, последователь Галилея и Паскаля, и Перро, на чьих трудах видно влияние Гассенди. Все они, вместе с Френиклем и секретарем Дюамелем, участвова-

ли в дебатах о тяжести, которые заняли не мало четверговых собраний между 7 августа и 20 ноября 1669 г.

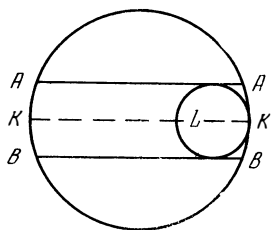
Роберваль открыл дискуссию мемуаром, в котором занял позитивистскую позицию. Ссылаясь на авторитет Архимеда, он признал, что есть тяжелые тела, но оставил открытым вопрос о причине веса.

Если все-таки предположить наличие скрытых качеств, «о которых мы не имеем, однако, точного понятия», то мнение, что тяжесть есть взаимное притяжение, прибавляет Роберваль, наиболее вероятно¹⁵. Взгляд Платона (которого придерживались Коперник и Галилей), что тяжесть есть «естественная склонность» частиц соединяться¹⁶, защищался Френиклем и Мариоттом. Более интересной, чем мнение Мариотта о природе тяжести, была его попытка проверить экспериментально картезианское предположение о том, что начальная скорость падения имеет конечную величину. Хотя заключение было неверным, доводы Мариотта показали хорошее владение техникой эксперимента и логической дедукцией при проверке гипотезы. Мариотт задался целью разрешить вопрос: конечна или нет начальная скорость падения. Поскольку это нельзя проверить непосредственно, он построил прибор для проверки следствия из гипотезы. Предположим, что тело висит на нити, которая перерезается в тот самый момент, когда вертикальная струя воды начинает бить снизу. Мариотт считал, что если бы начальная скорость падения была бесконечно малой, то начальную силу (моментум) тела преодолела бы сила воды, как бы мала скорость воды ни была, и тело не падало бы. Опыт показал, однако, что тело всегда опускается, за исключением только тех случаев, когда скорость воды достигает определенного значения. Гипотеза бесконечно малой начальной скорости была опровергнута фактом падения тела в некоторых случаях. Оставалось объяснить, почему тело не падало во всех случаях. Решение было нетрудным. Тело поддерживалось, если скорость струи превосходила начальную скорость падения во столько раз, во сколько вес тела превосходил вес воды, т. е. когда начальный моментум тела был меньше, чем воды¹⁷.

Картезианская теория защищалась Гюйгенсом, Перро и Бюо. Последний ничего не прибавил к теории Декарта; Гюйгенс и Перро пытались разрешить принципиальные трудности теории, именно, почему эфир не переносит в

горизонтальном направлении падающее тело и почему тела падают к центру, а не к оси вращения вихря.

С Гюйгенсом картезианская теория достигла новой ступени развития. Несомненно, что знание законов центробежной силы позволило ему произвести вычисление механического действия эфира и обратить качественную гипотезу в модель для математической физики¹⁸. Хотя Декарт и объяснил, что скорость эфира должна быть



Р и с. 1

больше скорости тяжелого тела, для того чтобы обусловить явление тяжести, в его эксперименте не выполнялся этот пункт. Опыт, описанный Гюйгенсом, в своей окончательной форме был свободен от этого возражения. Маленький шар *L* (рис. 1) вынужден двигаться между двумя струнами *AA*, *BB* и третьей струной *KK* поверх шара (все нити горизонтальны) в цилиндрическом сосуде, наполненном

водой. Вращающийся сосуд внезапно останавливался. При этом было найдено, что, в то время как вода продолжала вращаться, шар, удерживаемый струнами, двигался к центру¹⁹. Поскольку опыт, по Гюйгенсу, лучше удавался, когда шар *L* имел ту же плотность, что и вода, было ясно, что скорость эфира была причиной движения по направлению к центру.

Так Гюйгенс показал на опыте, что вращающийся эфир, придуманный Декартом, «может, в принципе, объяснить тяжесть». Но здесь были трудности. Если предположить, что эфир вращается с Землей вокруг ее оси, только намного быстрее, тяжелые тела должны были им переноситься, как переносился бы шар водою в опыте, если бы он не удерживался струнами. Если бы даже тела удерживались подобно шару, вращательное движение эфира вокруг оси Земли должно было бы вызвать падение по направлению к оси²⁰.

Если предположить, что эфир — причина тяжести, то опыт Гюйгенса вскрыл факты, нуждающиеся в объяснении. Именно, тяжелые тела не переносятся эфиром в горизонтальном направлении и не отбрасываются к оси вращения. Формулируя гипотезу для объяснения этих фактов, Гюйгенс писал: «...Я предположу, что в сферическом

пространстве, которое содержит Землю и тела, ее окружающие, на большом удалении, имеется жидкая материя, которая состоит из очень малых частиц и которая движется различным образом во все стороны с большой скоростью. Материя эта не может покинуть пространство, окруженное другими телами, и я утверждаю, что ее движение должно перейти частично в круговое вокруг центра; не столько потому, что это движение переходит в одно направление, сколько потому, что эти разные движения происходят в сферических поверхностях вокруг центра этого пространства, который должен быть и центром Земли»²¹.

В ответ на очевидное возражение, что эти круговые движения по всем направлениям (на сферических поверхностях) были бы противоположны и подавили бы друг друга, Гюйгенс говорит, что малость и подвижность частиц эфира позволяют им довольно легко выдерживать эти различные движения, как в кипящей воде²². Тяжелые тела не увлекаются сферическим движением эфира, потому что импульсы, которые они получают со всех сторон, следуют очень быстро, и времени оказывается недостаточно для того, чтобы воспринять ощутимое горизонтальное движение. Не обладая центробежной силой (относительно Земли), эти тела смещаются эфиром к центру его движения, т. е. к центру Земли²³.

В этом пункте Гюйгенс применяет к гипотезе математику. Основывая свое вычисление на предположении, что вес тела равен «усилию, с которым достаточное количество жидкой материи удаляется от центра» (Гюйгенс)²⁴, и применяя теоремы о центробежной силе, он нашел, что скорость эфира, необходимая для того, чтобы произвести эффект тяжести, должна превосходить скорость точки, расположенной на экваторе, производимую суточным вращением Земли, в семнадцать раз²⁵.

Крайне большая скорость эфира служила для объяснения постоянного ускорения падающих тел. Гюйгенс писал:

«Тела все время выталкиваются частицами материи, которая старается подняться на их место и которая, как можно видеть, постоянно воздействует на них с одной силой, по крайней мере в падениях, которые наблюдались в нашем опыте (потому что превышение скорости эфира над скоростью падающих тел в нашем опыте можно оце-

нить как постоянное.— *Примеч. Айтона*); отсюда необходимое следствие: увеличение скоростей должно быть пропорционально увеличению времени»²⁶.

В следующий, после чтения мемуара Гюйгенса, четверг Роберваль и Мариотт представили академии критический обзор. Нетрудно угадать, чем руководилась академия, когда выбрала этот мемуар для критического разбора. Выбор Роберваля и Мариотта в качестве экспертов позволяет предположить, что инициатива исходила от группы противников картезианской теории. Если эта группа рассчитывала на решающую схватку с Декартовой теорией, ей пришлось разочароваться, и Гюйгенсу было нетрудно отвечать на критику. Из всех критических замечаний наиболее интересным было то, которое относилось к «скрытым качествам», потому что ответ Гюйгенса бросает свет на природу его научного мышления. Критики упрекали его в том, что он исключил «качества» без оснований²⁷. На это Гюйгенс ответил, что он исключил «качества» потому, что видел «вразумительную причину»²⁸. Продолжая свою критику, Роберваль и Мариотт утверждали, что положение, состоящее в том, что движение может порождаться только движением, приводит к «первичному движению (выражение критиков)», которое «труднее понять, чем качества (выражение критиков)»²⁹. Ответ Гюйгенса, что мы знаем определенно, что движущиеся тела могут сообщать движение другим и «я не хочу ничего сверх этого и не ищу здесь, по какой причине введено первичное движение»³⁰, демонстрирует его несогласие с философской системой Декарта. Ведь для Гюйгенса, как и для Региуса*, картезианская физика была гипотезой и не зависела от метафизики.

Клод Перро, автор последнего мемуара из той же серии, также претендовал на право высказать «вероятные гипотезы», не причисляя себя к какой-либо отдельной философской системе³¹. По поводу теории притяжения Перро указывал на то, что наблюдения не в состоянии подтвердить ее предсказания. Если бы было притяжение, то большой камень, висящий в воздухе, притягивал бы к себе пылинку, тела, падающие на большую глубину, уменьшали бы скорость падения, потому что притягива-

* Региус — латинизированное имя голландского картезианца Генриха Леруа, или Деруа, профессора медицины Утрехтского университета. Под конец жизни Декарта Региус отрекся от него. Дело закончилось ссорой и разрывом.— *Примеч. перев.*

лись бы верхними слоями Земли, и длинный отвес у подножия горы отклонялся бы в ее сторону. Ни одно из этих явлений, утверждал Перро, не наблюдается.

Отвергая теорию притяжения, Перро строит чисто картезианскую теорию. Подобно тому, как вода у дна реки течет медленнее, чем у поверхности, Перро предполагает, что скорость эфира возрастает по мере удаления от Земли. Хотя он не полагает лимита этому увеличению, ясно, что для объяснения медленного движения Луны скорость эфира должна уменьшаться с некоторой точки. Это, однако, не составляло затруднения для Перро, так как он не только считал, что физика не связана с метафизикой, но настаивал на праве рассматривать физические задачи изолированно. Таким образом он ограничивал свое исследование «тем, что принадлежит шару, на котором мы живем» (Перро)³².

Перро считал, что тяжелые тела достаточно велики, чтобы принимать удары от многих кругов (вращающегося) эфира, двигающихся с различными скоростями, и отклоняются в сторону более слабых ударов, т. е. к оси Земли. Они падают из одного круга в другой по кривой линии, которая благодаря движению Земли кажется прямой³³. В раннем варианте теории Перро предполагал, что второй вихрь, перпендикулярный первому, отклоняет тяжелые тела по направлению к центру Земли. С помощью этой пары вихрей он пытался упростить те неопределенные движения, которые у Гюйгенса объясняли падение тел к центру Земли.

Гипотеза пары вихрей, хотя и простая, была крайне невероятной и явно не удовлетворяла Перро. Ему удалось впоследствии вывести падение к центру Земли из гипотезы одного вихря³⁴. Более детальное изучение течения воды в канале привело Перро к заключению, что скорость эфира (эфирного тела), вращающегося вокруг оси Земли, была различна в разных плоскостях, на которые можно было разделить вихрь, равно как и в разных вихрях, расположенных в каждой плоскости. Мы знаем из опыта, писал Перро, «что вода в канале течет посреди и у поверхности быстрее, чем у берегов и у дна... Следует теперь предположить, что все плоскости эфирного вещества параллельны плоскости экватора и каждая имеет свой вихрь; те из них имеют бóльшие скорости, которые дальше от экватора и ближе к полюсам. И самые круги,

удаленные от центра каждой плоскости, имеют движение более быстрое и с большей скоростью, чем более близкие, что не наблюдается в плоскостях твердого тела, вращающегося вокруг своего центра, где каждый круг совершает свой оборот в один и тот же промежуток времени»³⁵.

Таким образом, падающие тела подвергались двум воздействиям; одно из них направлено к центру плоскости, в которой расположено тело; это воздействие обуславливалось неравенством скоростей эфира в кругах, образующих данную плоскость; второе воздействие — по направлению к экватору, оно происходит от неравенства скоростей эфира, расположенного в разных плоскостях. Движения, сообщенные телу этими воздействиями, вместе с круговым движением Земли, в котором тело тоже участвует, дают в результате, согласно Перро, спиральное движение, которое благодаря вращению Земли кажется прямым и направленным к центру Земли³⁶.

Более близкое рассмотрение показывает, что теория тяжести Перро не дает подлинного развития теории Декарта — теории, в которой центробежная сила эфира играла существенную роль. Перро предполагает, что круговое движение эфира есть его естественное движение, так что это вещество вращается без всякого стремления удалиться от Земли³⁷. Другие тела, писал он, «находятся в таком состоянии, которое не безразлично к движению и к покою, но более склонные к покою, чем к движению, которому они сопротивляются по своей природе»³⁸. Именно в силу этого естественного сопротивления движению тела отклоняются от более быстрых к более медленным частям вихря. В этом объяснении есть, может быть, реминисценция аристотелевской идеи естественного места — идеи, согласно которой тела ищут место, где они могли бы пребывать в их естественном состоянии, т. е. без движения.

3. ВЛИЯНИЕ ТЕОРИИ ГЮЙГЕНСА

Среди теорий, представленных в ходе дискуссии в Королевской академии наук, только теория Гюйгенса была действительно развитием теории Декарта. Полное и точное изложение во влиятельном «*Traité de physique*» Рого могло бы дать теории Гюйгенса широкую известность.



ХРИСТИАН ГЮЙГЕНС
(1629—1695)

Хотя Гюйгенс в предисловии к «Рассуждению о причине тяжести» и говорит, что его теория «передана почти полностью», в «*Traité de physique*» пересказ был очень неполным. Помимо того, что в приведенном опыте Гюйгенса шар не ограничен струнами, не упомянут даже автор теории. Если бы не говорилось, что эфир вращается «в бесчисленном числе сферических поверхностей, концентрических с Землей» (Рого), изложение Рого можно было бы принять за описание Декартовой теории. Рого не сумел выделить нововведение Гюйгенса, а именно, объяснение того, что тяжелые тела не переносятся эфиром и что они падают к центру Земли. Ничего не сказано и о количественной стороне теории Гюйгенса.

Одобрив публикацию его теории, Гюйгенс заметил, что Рого опустил «многое, принадлежащее к этому предмету, чего он не мог знать» (Гюйгенс). Вероятно, вещи, которые Рого не мог знать, относятся к добавлениям, сделанным Гюйгенсом к теории после представления мемуара в академию. Гюйгенс отметил, что Рого видел его «опыт

с вращающейся водой», можно полагать, в академии Монмора.

Опыт Гюйгенса так описан в «Traité de physique»: «Он берет фаянсовый сосуд белого цвета, круглой формы, семи или восьми дюймов в диаметре, с плоским дном и приблизительно в три дюйма высотой. Он наполняет этот сосуд водой и бросает туда немного сургуча, который под влиянием своего веса опускается на дно, где он хорошо виден благодаря его красному цвету. Затем он покрывает сосуд куском очень прозрачного стекла и склеивает его края со стенками сосуда, так что ничто не может отсюда ускользнуть. Сделав это, он присоединяет сосуд к машине или ставит его на поворотный круг, который он может привести во вращение или остановить по желанию, заставляет его вращаться, пока порошок, лежащий на дне, не поднимется наверх, как и вода, и который поэтому легко увлекается водой. Этот порошок получает большее движение, чем есть у воды, это заставляет его удаляться от центра, вокруг которого он был рассеян, и расположиться у бортов сосуда; и тогда сразу останавливает машину и задерживает таким образом сосуд, прикрепленный к машине. Сургуч, который трется о дно и частицы которого довольно шероховаты, уже не движется так быстро, как вода, движение которой так не замедляется, потому что вода легко скользит по предметам, которых она касается. И в этот момент можно видеть, что вода походит на жидкую материю, окружающую Землю, а этот порошок сургуча походит на частицы земли, которые обычно видят падающими в воздухе. Потому что этот порошок принужден приближаться к центру своего движения, к которому он отбрасывается частицами воды, а они всей силой стремятся удалиться от центра; и в этот момент порошок собирается в круглую массу, подобную Земле» (Рого) ³⁹.

Любопытно, что подробный рассказ Рого об опытах оборвался как раз перед усовершенствованием с шаром и струнами. Сильный экспериментатор, Рого, можно думать, был в состоянии высоко оценить такую прекрасную иллюстрацию явления. В опыте, описанном Рого, вещество, изображающее тяжелые тела, только частично задерживалось трением о дно сосуда и двигалось по спирали к центру, вместо того чтобы двигаться по прямой. Для того чтобы устранить дефект, Гюйгенс и ввел усовершен-

ствование с шаром и струнами. Может быть, Рого думал, что требуется именно спиральное движение и что оно будет казаться прямолинейным с поверхности вращающейся Земли. С другой стороны, для Рого должно было быть ясно, как это ясно для нас, что Гюйгенс исключил суточное вращение Земли и что, значит, в иллюстрации необходимо прямолинейное движение к центру.

В этом случае можно предполагать, что разновидность опыта с шаром и струнами осталась неизвестной Рого и что Гюйгенс повторил при нем только первую форму опыта.

Жюль Гадруа (1642—1678), картезианец-энтузиаст, часто воодушевляемый Рого, видоизменил циркуляции во всех направлениях, чтобы согласовать с реальной аналогией, которую дает река, затопляющая берега. Так, он предположил, что тяжесть вызывает действием эфира, текущего с большой скоростью вдоль экватора и растекающегося вдоль меридианов подобно тому, как река, размывающая свои берега, растекается во все стороны⁴⁰.

Следующий значительный обзор теории Гюйгенса появился в «Системе философии» Пьера Сильвена Режи, наиболее влиятельного картезианца после Рого. Поскольку источником его системы был «*Traité de physique*», он, понятно, приписал теорию Рого. Он считал, что ни Рого, ни Гадруа не объяснили циркуляции эфира по всем направлениям. Режи заметил, что если бы эфир двигался в этих сферических поверхностях, он толкал бы тела не к центру Земли, а к некоторой точке на оси, лежащей между центром Земли и центром параллели, на которой тела расположены. Хотя это и не являлось веской критикой теории Гюйгенса, все же это было правильным возражением против предложения Рого. Подобно Декарту, Рого считал, что, в добавление к движениям по всем направлениям, эфир еще имеет быструю циркуляцию вокруг оси Земли. Режи писал о теории Перро, что хотя она «самая остроумная из всех, в которых учтено вращательное движение Земли, его гипотеза о круговой инерции делает эту теорию неприемлемой»⁴¹.

Отвергнув различные попытки улучшить Декарта, Режи верил в простую циркуляцию эфира вокруг оси Земли и довольствовался верой в то, что «каждое тяжелое тело опускается к центру окружности, которую оно описывает вокруг оси Земли» (Режи). Сознывая, к каким следстви-

ям это приводит, Режи высказывает почти невероятное мнение, что «у нас нет никакой положительной причины считать, что Земля совершенно круглая, или что все тяжелые тела перпендикулярны к ее поверхности, или, наконец, что тела имеют вес на полюсах»⁴².

Трактовка, которую получила теория Гюйгенса у картезианцев, могла считаться достаточным основанием для публикации его мемуара о тяжести. «Discours sur la cause de la pesanteur» («Рассуждения о причине тяжести», 1680) — содержала не только первоначальный мемуар, но и значительные прибавления, которые Гюйгенс делал с 1669 г. Согласно тому, что он говорит в предисловии, отдел, рассматривающий влияние вращения Земли на период колебания маятника, написан через много лет после 1669 г. Этот отдел не мог быть написан ранее 1679 г., когда Рише (Richer) проводил опыты с маятником. Гюйгенс отличает эту часть работы от «Прибавления», которое он написал после прочтения «Начал» Ньютона, следовательно, описание опытов с маятниками сделано до опубликования труда Ньютона.

Когда Гюйгенс показал, что при семнадцатикратном увеличении скорости вращения Земли центробежная сила на экваторе уравнивается с весом тела, стало очевидно, что суточное вращение должно отнимать часть веса. Эта часть, пропорциональная квадрату скорости, равняется $\frac{1}{289}$. Гюйгенс показал, что наблюдаемое изменение периода колебаний секундного маятника в Кайенне и в Париже согласуется с этим⁴³. Другим ожидаемым следствием суточного вращения Земли (если считать Землю шаром) было бы отклонение отвеса от вертикали. В Париже ожидаемое отклонение было $5'54''$. Несовершенство измерений отклонения послужило причиной отрицательного результата, что привело Гюйгенса к заключению, что Земля есть сплюснутый у полюсов сфероид.

В «Прибавлении», написанном после прочтения Ньютоновых «Начал», Гюйгенс применил способ Ньютона для рассмотрения равновесия в воображаемых каналах, проведенных из центра Земли к полюсам и к экватору с целью вычислить отношение осей сфероида⁴⁴. Его результат разошелся с результатом Ньютона, потому что даже после чтения «Начал» Гюйгенс считал, что земное тяготение не зависит от расстояния от центра.

4. ВКЛАД СОРЕНА В ТЕОРИЮ ТЯЖЕСТИ

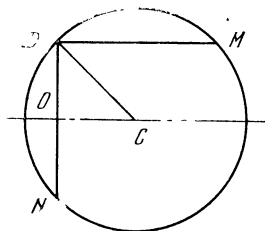
Жозеф Сорен (Saurin, 1659—1737) был кальвинистским священником в Берне в течение нескольких лет. Возвратился во Францию в 1690 г., принял католичество и поселился в Париже, где в 1707 г. был избран членом Королевской академии наук. Сорен считал, что теория тяжести Гюйгенса представляет собой не подкрепление теории Декарта, а нападку на нее. По-видимому, первое время Сорен был против какого бы то ни было отклонения от объяснений, данных Декартом.

В своей первой статье о тяжести, помещенной в «Journal des Savants» в 1703 г., Сорен выступает против утверждения Гюйгенса, говорящего, что теория Декарта приводит к падению тел не к центру Земли, а к оси вращения. Он замечает, что Гюйгенс мог бы сам разрешить трудности, «если бы он нашел столько же удовольствия в подобном решении, сколько, как ему казалось, он получит от реформы системы» (Сорен)⁴⁵. Возможно, что Сорена побудила заняться этим вопросом анонимная статья в «Mémoires à Trevoux». В этой заметке высказано предположение, что трудность можно легко объяснить, если считать, что давление, поддерживаемое земным вихрем, равно по всем направлениям⁴⁶. Его решение покоилось на допущении, что земной вихрь сжимается «равномерно по всем направлениям, совпадающим с прямыми, выходящими из центра» (Сорен)⁴⁷. Мнение Ламонтра⁴⁸, что решение, основанное на этом допущении, содержит *petitio principii**, можно сравнить с критикой Роберваля, считавшего, что Гюйгенс, предполагавший сферические поверхности, допускал ту же ошибку.

Согласно Сорену, внешнее давление поддерживало силу, порождаемую циркуляцией вихря. Неверно применяя некоторые принципы механики, он приходит к заключению, что поверхность вихря, очевидно представлявшаяся как бы твердой, толкала материю от D (рис. 2) к центру. Сорен считал, что центробежная сила этой материи «отражается жидкостью, имеющейся рядом, вдоль хорды DM , равной DN » (Сорен)⁴⁹. Это была очевидная аналогия с отражением света, которое рассматривалось в картезиан-

* Логическая ошибка, по классификации Аристотеля — род порочного круга.— *Примеч. перев.*

ской системе просто как давление, переносимое эфиром. Отраженное давление, согласно Сорену, уравнивалось реакцией жидкости в направлении MD . Таким образом, на сферическую поверхность в D действовали две равные силы вдоль OD и MD , которые по правилу параллелограмма давали результирующую вдоль CD . Сорен продолжает.



Р и с. 2

«Если теперь поместить в точке D твердое тело, само по себе инертное, жидкая материя, действующая вдоль OD , и та, которая развивает реакцию вдоль MD , действуют на него с одинаковым усилием и толкают вдоль DC к точке C , которая является центром вихря, а не к точке O , т. е. к центру параллели» (Сорен)⁵⁰.

Результирующая сила, обусловленная вращением и внешним давлением, во всяком случае проходила через центр Земли, и, следовательно, отвес не должен был отклоняться вследствие вращения. Поэтому, рассуждал Сорен, вывод Гюйгенса о сфероидальной форме Земли, основывающийся на отсутствии отклонения отвеса, неверен⁵¹.

В мемуаре, представленном Королевской академии наук 10 апреля 1709 г., Сорен оспаривает второе из возражений Гюйгенса против теории Декарта, а именно, что тяжелые тела должны были бы переноситься в горизонтальном направлении вращающимся эфиром⁵².

Более сдержанный, чем статья в «Journal des Savants», мемуар не содержал выпадов против Гюйгенса. Может быть, сдержанность объясняется тем, что мемуар докладывался на ученом собрании, но, вероятно, что и неудача Сорена в получении решения, которое удовлетворило хотя бы его самого, явилась дополнительной причиной сдержанности. Указывая на то, что его исследование не заслуживает титула «решения», Сорен писал:

«Вот место из физики, достойное размышления, и я предлагаю его слушающим меня философам. Я просто изложу возражение; и то, что, по-моему, можно на него ответить; и те трудности, которые, как мне кажется, остаются; и я буду ожидать объяснений, которых не хватает мне, в том числе и от академии»⁵³.

Как основу дискуссии о свойствах эфира, Сорен цитировал опыты Мариотта по силе удара жидкостей. Было найдено, что вода, бьющая со скоростью в $3\frac{1}{4}$ фута в секунду, развивает в расположенной перпендикулярно преграде с площадью $\frac{1}{2}$ кв. фута силу, равную $3\frac{3}{4}$ фунта. Для того чтобы произвести такой же эффект, воздух должен двигаться со скоростью около 78 футов в секунду⁵⁴.

Считая, что сила, развиваемая струей, изменяется пропорционально квадрату скорости, Сорен вывел, что если бы воздух двигался с той же скоростью, что и эфир, он развил бы силу в 320 000 фунтов на площадь в $\frac{1}{2}$ кв. фута. Сорен хотел вычислить, во сколько раз должно быть действие эфира слабее действия воздуха для того, чтобы оно перестало быть ощутимым. Из-за маскирующего действия, которое он приписывал воздуху, Сорен не мог вычислить точно, но оценивал это число в 3—4 миллиона. Это позволило бы сопротивлению воздуха или его постоянному действию замаскировать силу около одной унции на $\frac{1}{2}$ кв. фута. Сорену кажется эта задача решаемой, «если можно предположить существование этого малого усилия или если нельзя подыскать менее вероятной причины для малости этого усилия» (Сорен)⁵⁵.

Согласно Сорену, на силу жидкости оказывают влияние два главных фактора. Плотность (под которой он понимает часть пространства, занятую частицами, а в случаях эфира — образующими его «шариками») и способность частиц отделяться друг от друга (соответствующая, грубо говоря, обратной величине вязкости). Зависимость силы от плотности, очевидная при аналогии с воздухом или водой, также предсказывалась теорией. Так, если плотность одной жидкости равна половине плотности другой, число частиц в данном объеме будет у первой жидкости вдвое меньше, чем у второй, и первая жидкость разовьет только половину силы второй жидкости. Способность частиц отделяться зависит также и от плотности; потому что чем меньше плотность, тем больше средняя длина свободного пробега; и она зависит частично также и от неоднородности частиц. Одно время Сорен думал, что размер частиц есть главный фактор, определяющий их способность отделяться. Как он заметил, уменьшение размеров «шариков» есть простейшее средство для того, чтобы уменьшить силу эфира до незаметной величины. Эта мысль была, однако, отброшена, когда Сорен открыл (как он допускаял, после

Ньютона), что размер частиц не имеет никакого влияния на сопротивление, которое оказывает жидкость движущемуся в ней твердому телу⁵⁶. Твердое тело, однако, было математической фикцией. В действительности тела, какую бы плотность они ни имели, состояли из частиц, разделенных эфиром. Если бы частицы эфира были так малы, что они могли свободно проходить между частицами даже плотнейших тел, сила эфира уменьшилась бы в сильной степени. С другой стороны, чем больше промежутки между частицами тела, тем проще пройти эфиру между ними. Хотя Сорен не имел никаких средств для определения трения в объеме тела, занятом частицами, он оценивал его приблизительно в одну стотысячную — плод богатого воображения!⁵⁷

Сорен, таким образом, представлял, что эфир протекает сквозь тела, как вода сквозь сито. Может показаться, что, объяснив, почему эфир не переносит тяжелые тела в горизонтальном направлении, Сорен лишил эфир способности быть причиной тяжести. Это не обязательно так, потому что в картезианской физике механизм тяжести состоял не в ударе, а в гидростатическом смещении. Обладая большей силой (центробежной) для удаления от центра, эфир перемещал тяжелое тело вниз. Это подобно объяснению, которое мы дали бы поднятию губки в воде: вода перемещает губку потому, что, хотя она проходит легко сквозь губку, она имеет больше силы (веса), чем губка, для того чтобы опуститься вниз.

Многие картезианцы назвали бы работу Сорена решением задачи⁵⁸, но для Сорена, очевидно, решением, достойным этого имени, было бы только полное математическое доказательство. Этого сделать он не мог, так как не располагал никакими средствами определить размеры частиц эфира и промежутков между частицами земных тел. Возможно, Сорен надеялся на некоторую помощь со стороны членов академии в решении проблемы. Хотя Сорен и отвергал теорию Гюйгенса, его собственное исследование, в котором использованы эксперимент и математика для построения теории, было ценным примером применения метода Гюйгенса.

Признание гипотезы Сорена, в которой эфир рассматривается как среда, почти не имеющая сопротивления и в то же время развивающая силу, могло привести к раннему примирению Декартовой и Ньютоновой систем.

Такой эфир давал объяснение тяжести, удовлетворяющее картезианцев, и в то же время устранял необходимость в примирении циркуляции солнечного вихря с законами Кеплера. Ньютон сам предполагал существование такого эфира, но с таким явным отсутствием убежденности, что картезианцы сомневались в серьезности этого предположения.

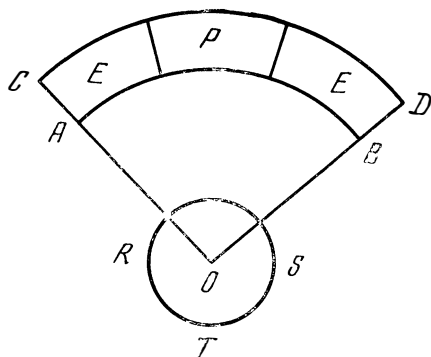
В действительности теория малых вихрей Мальбранша совлекла картезианцев с тропы, намеченной Сореном, которая привела бы их непосредственно к системе Ньютона.

5. ТЕОРИЯ ТЯЖЕСТИ МАЛЬБРАНША

Гипотеза эфира Сорена не была в состоянии удовлетворить его друга Мальбранша. Так, в шестом издании «Recherche de la verité» (1712) Мальбранш еще находил явное противоречие в идее такого эфира, который, вращаясь в семнадцать раз быстрее Земли, не оказывает никакого сопротивления горизонтальному движению, но оказывает сопротивление движению, направленному по вертикали вверх⁵⁹. Мальбранш считал, что земная тяжесть есть результат реакции твердой Земли на малые упругие вихри, которые, по его предположению, образуют эфир.

Хотя зародыш этой гипотезы, можно предположить, имеется в попытке Декарта объяснить падание тел к центру Земли, Мальбранш избежал ошибки Декарта, считавшего, что реакция Земли изменяет направление центробежной силы, так что эфир стремится удалиться от центра, вместо того, чтобы удаляться от оси. Предполагая, что упругие вихри вращаются с той же скоростью, что и Земля, Мальбранш основывал свое объяснение только на реакции Земли; центробежная сила, вызываемая вращением земного вихря, не играла никакой роли. Согласно Мальбраншу, «ясно, что Земля *RST* (рис. 3), или ее центр *O*, так же сжимается снизу, как и сверху, справа, как слева — своим собственным вихрем, который сжимает ее равномерно со всех сторон. Так же центробежные силы (центробежные силы, вызываемые быстрой внутренней циркуляцией малых вихрей, вокруг их собственных центров. — *Примеч. Айтона*) всех маленьких вихрей, расположенных сверху вдоль линии *AO*, действуют на них самих,

из-за неподвижности или сопротивления центра O , равномерно толкаемого нижними вихрями. Если рассмотреть два малых вихря на линии AO , касающихся друг друга и сжатых теми, которые их окружают, со всех сторон, то центробежная сила первого, которая должна бы отбросить его к O (центробежная сила действует во всех направлениях, включая и направление к O .— *Примеч. Айтона*),



Р и с. 3

действует полностью только на него из-за неподвижности центра O . Второй вихрь отталкивается от центра еще сильнее, чем первый; потому что помимо того, что его собственное действие падает на него же вдоль прямой OA , он еще отталкивается реакцией первого. И если перейти к третьему, он отталкивается сильнее, чем второй, и так далее.

«Но надо заметить, что эти новые приращения уменьшаются, потому что распределяются между все большим числом вихрей по мере удаления от центра. На некотором расстоянии от центра приращения прекращаются и обращаются в нуль.

Если рассмотреть теперь вместо двадцатого вихря твердое тельце совершенно неподвижное (т. е. не вращающееся вокруг своего центра.— *Примеч. Айтона*), или без центробежной силы, которая могла бы действовать на него, оно будет отброшено вверх девятнадцатью соседними вихрями, но не так, как был бы отброшен двадцатый вихрь, потому что не обладает центробежной силой, кото-

рая действовала бы на него и удаляла его от центра Земли.

Отсюда следует, что все малые вихри ниже линии AB и выше CD на равном расстоянии от центра O находятся в равновесии и переносят одну и ту же реакцию снизу вверх. Другое происходит между линиями AB и CD . Потому что больше вихрей в объемах EE , чем в камне P ; эфир в EE сильнее отталкивается кверху реакциями, действующими на него. Камень же отталкивается слабее, пропорционально меньшему числу вихрей в нем (чем в EE). Таким образом, эфир, сильнее толкаемый кверху, чем камень, и сжатый со всех сторон, распространяет свое действие на камень, по своей крайней подвижности; он толкает камень к центру Земли (Мальбранш) ⁶⁰.

Существенный вклад в теорию Мальбранша сделал Жан Буйе (J. Bouiller) в очерке, премиярованном в 1720 г. Королевской академией в Бордо. Несомненно под влиянием идей Ньютона о всемирном тяготении Буйе распространил теорию земной тяжести Мальбранша на тяжесть планет относительно Солнца.

Для того чтобы объяснить, почему планеты не падают на Солнце, он предположил, что их тяжесть была уравновешена центробежной силой планетных вихрей, которые вызываются движением планет вокруг Солнца ⁶¹.

Буйе испытал также влияние Виймо (Villemot). Идею Виймо о радиальном давлении, или «тенденции», появляющейся вследствие возбуждения в центре вихря, он сравнил с теорией Мальбранша о реакции твердой Земли на упругие вихри ⁶². По аналогии с силой лучей света Виймо предположил, что «тенденция» уменьшается обратно квадрату расстояния. Хотя работа Виймо появилась через много лет после «Начал», Виймо утверждал, что она была написана раньше, чем он прочитал труд Ньютона. Буйе намеревался доказать, что закон обратно квадратичной пропорциональности является необходимым следствием теории Мальбранша. Допуская, что все малые вихри имеют равные количества энергии, получим, что более удаленные от центра вихри, имея большую скорость перемещения, должны иметь меньшую скорость вращения вокруг собственных центров. Это, согласно Буйе, объясняло, почему секундный маятник на экваторе короче, чем в высоких широтах: «потому что экватор — это самый большой круг, который должна описать эфирная материя вокруг

поверхности Земли при ее движении с запада на восток, и действие вихрей должно быть слабее, а следовательно, и вес» (Буйе) ⁶³.

Еще одна причина действовала на изменение тяжести. Буйе писал:

«Собственное движение малых вихрей или их упругость должна ослабнуть или уменьшиться в той мере, в какой слой, содержащий эти вихри, встречает меньшее сопротивление со стороны верхних слоев или в какой этот слой слабее отталкивается к центру. Но чем больше круг, описываемый эфирной материей, тем меньшее сопротивление он испытывает со стороны верхних слоев, потому что верхние слои имеют больший простор для движения и, следовательно, с меньшей силой отталкивают внутренние [слои]. Так действие малых вихрей должно еще уменьшиться на экваторе по этой причине» ⁶⁴.

Поскольку каждая из указанных причин уменьшает упругость малых вихрей пропорционально расстоянию, Буйе заключает, «что эта упругость должна уменьшаться в двойной пропорции * расстояний» ⁶⁵.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За четверть века, которая прошла до того времени, когда система Ньютона была полностью принята, ничего выдающегося не было внесено в картезианскую теорию тяжести. Жозеф Прива́ де Мольер (Privat de Molière), последний значительный защитник теории вихрей, принял гипотезу Сорена об эфире, почти не имеющем сопротивления, и попытался объяснить движение комет, но явно не оценил того, что кометы тоже должны были бы свободно двигаться сквозь эфир. Он допускал, как и Декарт, что планеты обращаются с той же скоростью, с какой движется эфир. Возможность использовать малые вихри Мальбранша для того, чтобы примирить циркуляцию вихрей с законами Кеплера, отвлекла Мольера от более простого решения. Если бы Мольер не подпал под влияние Мальбранша, он, может быть, предложил бы приемлемый компромисс между системами Декарта и Ньютона.

* В XVII и начале XVIII в. вторую степень нередко называли двойной пропорцией, корень квадратный — половинной и т. д.—
Примеч. перев.

Иоганн Бернулли, знаменитый сторонник примирения Декартовой и Ньютоновой систем, сначала принял, но потом отказался от теории тяжести Сорена. Он также отрицал теорию Мальбранша, допустив взамен этих теорий, что тяжесть вызывается радиальным движением жидкости к центру вихря. В гипотезе Бернулли от теории тяжести Декарта не осталось ничего, кроме идеи действия через импульс, идеи, которую Декарт, возможно, заимствовал у Гильберта.

Картезианцы пытались построить механическую модель тяжести. Хотя картезианская модель была неудачной, самая мысль о построении модели несомненно сохранена новым поколением. Общее признание системы Ньютона в середине XVIII столетия не сопровождалось отказом от картезианской идеи объяснить тяжесть с помощью механической модели. Ни Ньютон, ни новообращенные ньютоналисты не верили в действие на расстоянии. Одной из главных причин признания Ньютонова закона всеобщего тяготения было понимание того факта, что полезность принципа как инструмента исследования несколько не страдает от недостатков удовлетворительного объяснения. Хотя попытки объяснить тяжесть действием жидкости не удалось, физики еще верили в возможность объяснения. В послекартезианский период первая заметная попытка объяснить тяжесть подобным образом была сделана Лапласом. Он предположил действие «гравитационной жидкости» (Лаплас), подобное аберрации света⁶⁶. Но только в науке об электричестве удалось достичь почти полного примирения между экспериментальным методом Ньютона и гипотезой Декарта.

Нет никакого сомнения в том, что в XVIII и XIX столетиях физики придавали большое значение эфиру. Как бы ни оценивать картезианский вклад, надо принять во внимание, что отсутствие динамической теории движения жидкости вызывало ошибки в математических исследованиях. Несмотря на это, картезианская попытка определить посредством эксперимента и вычислений свойства жидкого эфира, обуславливающего явление тяжести, заслуживает место в истории науки, как первая гипотеза эфира, достойная наименования математической физики.

ПРИМЕЧАНИЯ

- ¹ См.: Айтон. Вихревая теория планетных движений — 1. (E. J. Aiton. The vortex theory of the planetary motions — 1. «Ann. Sci.», 1957, 13, 249). Мария-Луиза Хоппе исследовала параллели между магнитными теориями Гильберта и Декарта в статье «Зависимость вихревой теории Декарта от учения Вильяма Гильберта о магнетизме» (M.-L. Hoppe. Die Abhängigkeit des Wirbeltheorie des Descartes von William Gilberts Lehre vom Magnetismus. Halle a. S., 1914).
- ² В. Гильберт. О магните. Пер. с лат. А. И. Доватура. Изд-во АН СССР. М., 1956, стр. 92—93. (W. Gilbert. De magnete.) Магнитная сила не была следствием действия материального испарения, так как эта сила не задерживалась препятствиями. Так, Гильберт приравнял магнитную силу душе (там же, стр. 107).
- ³ О влиянии Гильберта на Декарта см.: Пельсенер. Гильберт, Бэкон, Галилей, Кеплер, Гарвей и Декарт: их отношения. (J. Pelseener. Gilbert, Bacon, Galilée, Kepler, Harvey et Descartes: leurs relations. «Isis», 17, 179).
- ⁴ В данной статье применяется и термин «эфир».
- ⁵ Декарт. Основы философии, ч. IV, §§ 20 и 22 (Descartes. Principes de la philosophie). Цитаты взяты из издания Кузена (Oeuvres de M. Descartes, ed. V. Cousin. Paris, 1824 v. III). О теориях сцепления в XVII столетии см. у Миллингтона (E. C. Millington. «Ann. Sci.», 1945, 5, 253).
- ^{5a} Декарт. Основы философии, ч. IV, §§ 24 и 25.
- ⁶ Пьер Режи был первый, кто отметил это следствие из картезианской теории. См.: Режи. Система философии (Pierre Sylvain Régis. Système de philosophie. Paris, 1960, v. 1, p. 443).
- ⁷ Как указал Гюйгенс, это несовместимо с тем, что эфир свободно проникает в промежутки между твердыми частицами Земли. См.: Гюйгенс. Полное собрание сочинений, X, Гаага, 1888—1950, т. XIX, стр. 627 (Oeuvres complètes de Christian Huygens, La Haye).
- ⁸ Декарт. Основы философии, ч. IV, § 27.
- ⁹ Декарт различал вес «истинный или абсолютный» и «кажущийся или относительный», см.: «Письма Декарта» («Lettres de Descartes»). Париж, 1657, т. I, стр. 404 и след. Первый соответствует современному толкованию данного термина, второй — силе, которая требуется, чтобы уравновесить тело посредством машины, например рычага.
- ¹⁰ «Письма Декарта», изд. Клерселье (Lettres de Descartes, éd. Clerse-lier. Paris, 1657, v. I, p. 407).
- ¹¹ «Письма Декарта», изд. Клерселье, т. II, стр. 187. Причина того, что в подобных опытах частицы движутся к центральной области, по-видимому, связана со вторичной циркуляцией, при которой жидкость поднимается вдоль оси и опускается у краев сосуда. См.: Саттерли. Некоторые явления при образовании воронки у воды (J. Satterly. Some effects of swirling water. «Scool Sci. Rev.», 1957, 39, 84).
- ¹² «Письма Декарта», т. II, стр. 212 и след. Об эволюции идей Декарта в вопросах падения тел, сперва под влиянием Бекмана, а позже Галилея, см.: Кофре. Этюды о Галилее (A. Kou-ré. Etudes Galiléennes. Paris. 1939, v. II, p. 25 ff).

- ¹³ Это кажется более вероятным, чем предположение Дюга в его «Механике XVII века» (R. Dugas. La mécanique au XVII^e siècle. Neuchatel, 1954, p. 163), что Декарт ввел анимистические идеи для того, чтобы было проще опровергнуть гипотезу Роберваля.
- ¹⁴ «Письма Декарта». Париж, 1657, т. III, стр. 531.
- ¹⁵ Мемуар Роберваля см.: Гюйгенс. Полное собрание сочинений, т. XIX, стр. 628 и след.
- ¹⁶ Там же, стр. 630 и 645. Фонтенель позже затемнил («Hist. Acad. R. Sci.», 1669 (1733), p. 63) различие между теорией Платона и теорией притяжения. Он утверждал, что такие качества, как притяжение, «невозможно приписывать материи, не удастая ее некоторого разумения». Это утверждение можно сопоставить с точкой зрения Декарта.
- ¹⁷ «История Королевской Академии наук» («Hist. Acad. R. Sci.», 1669, p. 64).
- ¹⁸ Мемуар Гюйгенса опубликован в виде приложения в 1690 г. к его «Трактату о свете», под названием «Рассуждение о причине тяжести» («Discours sur la cause de la pesanteur»). В данной статье цитаты гл. образом из «Рассуждения» (Полное собр. соч., т. XXI, стр. 451 и след.), но существенные расхождения с первоначальным мемуаром (там же, XIX, стр. 631 и след.) отмечены.
- ¹⁹ Гюйгенс. Рассуждение о причине тяжести (Huygens. Discours sur la cause de la pesanteur. Leyde, 1690, p. 133).
- ²⁰ Там же, стр. 134 и след.
- ²¹ Там же, стр. 135. Может показаться, что эта гипотеза ничем не отличается от Декартовой, согласно которой эфир участвует в беспорядочных движениях по всем направлениям. Однако движение, рассматриваемое Гюйгенсом, происходит не во всех направлениях, а только на сферической поверхности.
- ²² Там же, стр. 136. Типичная картезианская аналогия.
- ²³ Там же, стр. 137.
- ²⁴ Гюйгенс. Полное собрание сочинений, т. XIX, стр. 638 и след. В «Рассуждении» («Discours», стр. 142) Гюйгенс усилил это, прибавив, что вес тела равен центробежной силе эфира, объем которого равен объему твердых частиц этого тела. Различие между массой и весом, введенное в «Рассуждение» (стр. 140), в первоначальном мемуаре отсутствует и написано, очевидно, под влиянием Ньютона.
- ²⁵ Гюйгенс. Рассуждение о причине тяжести, стр. 143. Здесь случайно дан решающий ответ на старый аргумент против вращения Земли, согласно которому Земля, если бы вращалась, отбрасывала тела со своей поверхности. Для Кеплера и Галилея задача состояла в том, чтобы объяснить, почему тела не отставали от вращающейся Земли. Они предполагали, что тела разделяют с Землей ее «естественное вращение». Теперь же надо было показать, почему тела не отбрасываются в радиальном направлении. Вычисление Гюйгенса доказывало, что тела действительно отбрасывались бы в этом направлении, если бы только Земля вращалась быстрее, чем в семнадцать раз.
- ²⁶ Там же, стр. 145.
- ²⁷ Гюйгенс. Полное собрание сочинений, т. XIX, стр. 640.
- ²⁸ Там же, стр. 642.

- ²⁹ Там же, стр. 640.
- ³⁰ Там же, стр. 643.
- ³¹ П е р р о. Разные работы по физике и механике (*Oeuvres diverses de physique et de mécanique de Mrs. C. et P. Perrault. Leide, 1721, v. I, p. 2*).
- ³² Там же.
- ³³ «История Королевской Академии наук» («*Hist. Acad. R. Sci.*, 1669, p. 67»). Это объяснение не лишено достоинства: ср. отложение ила в спокойной воде на выпуклой стороне излучины реки.
- ³⁴ Теория Перро была в исправленном виде опубликована в его «Опытах по физике» («*Essais de physique*»). Paris, 1680).
- ³⁵ П е р р о. Разные работы по физике и механике, т. I, стр. 34.
- ³⁶ Там же, стр. 47.
- ³⁷ Очевидно, он был под влиянием идеи Галилея о примате кругового движения (о «естественном» круговом движении в космологии Галилея см.: Б. Г. Кузнецов. «Галилей». М., 1964, стр. 196.— *Примеч. перев.*). В гипотезе о суточном вращении Земли Перро говорит: «прямого (т. е. прямолинейного.— *Примеч. перев.*) движения вовсе не бывает никогда, такое движение тел, падающих к центру Земли, только кажущееся; в действительности — это движение спиральное, составленное из круговых» (там же, стр. 38).
- ³⁸ Там же, стр. 38.
- ³⁹ Р о г о. Трактат по физике (*Rohault. Traité de physique. 3-me éd. Paris, 1675, v. II, p. 132*). Опыт не был так подробно описан в мемуаре Гюйгенса, который он представил в Академию наук.
- ⁴⁰ Г а д р у а. Система мира (*Gadroys. Le système du monde. 1675, p. 322 f.*).
- ⁴¹ Р е ж и. Система философии (*Regie. Système de philosophie. Paris, 1690, v. I, p. 447*).
- ⁴² Там же, стр. 449. Мысль о том, что отвес мог бы немного отклониться от вертикали, имела основания. Подразумевалось, однако, что угол отклонения был равен широте, и невероятно, что интеллигентный человек, живший в Париже, мог сделать такое предположение.
- ⁴³ Г ю й г е н с. Рассуждение о причине тяжести, стр. 149. Гюйгенс подошел близко к закону обратной пропорциональности квадрату расстояния. Используя свои теоремы о центробежной силе, он мог бы легко рассчитать центробежную силу, т. е. тяжесть, на расстоянии Луны. Но, кажется, он был неспособен воспринять изменение земной тяжести. Интересно сравнить эту часть «Рассуждения» с недавно найденной работой Ньютона, написанной, по-видимому, не позднее 1671 г. Эта рукопись была опубликована Холлом (*A. R. Hall. «Ann. Sci.*, 1957. 13, 62). Помещено также в «Переписке Ис. Ньютона» («*The Correspondence of Isaac Newton*», ed. H. W. Turnbull. Cambridge, 1959, v. I, p. 297 ff). Используя величину радиуса Земли, названную Галилеем [см.: «Диалог о двух главнейших системах мира» (в кн.: Г. Галилей. Избранные труды в двух томах. М., изд-во «Наука», 1964, т. 1, стр. 324)]. Ньютон вычислил центробежную силу на экваторе как $1/350$ часть веса, значительно менее точно, чем Гюйгенс.

- ⁴⁴ Гюйгенс. Рассуждение о причине тяжести, стр. 152.
- ⁴⁵ Сорен. Разрешение принципиальной трудности, усмотренной г. Гюйгенсом в Системе г. Декарта, в случае тяжести (Saurin. Solution de la principale difficulté proposée par M. Huygens contre le Systéme de M. Descartes, sur la cause de la pesanteur. «Journal des Sçavans», Feb. 1703, p. 25).
- ⁴⁶ См.: «Mémoires à Trevoux», Oct., 1702, p. 348.
- ⁴⁷ «Журнал ученых» («Journal des Sçavans», Feb., 1703, p. 26).
- ⁴⁸ «Mémoires à Trevoux», 1703, p. 498 ff.
- ⁴⁹ «Журнал ученых», февр. 1703, стр. 26 и след. *PQ* — ось.
- ⁵⁰ Там же, стр. 27.
- ⁵¹ Там же, стр. 27 и след.
- ⁵² Сорен. Изучение значительной трудности, усмотренной г. Гюйгенсом в картезианской системе для случая тяжести (Saurin. Examin d'une difficulté considérable proposée par M. Huygens contre le Systéme Cartésien sur la cause de la pesanteur. «Mém. Acad. R. Sci.», 1709 (1733), p. 131).
- ⁵³ Там же, стр. 133.
- ⁵⁴ Там же, стр. 138. 1 фунт (ливр) равен 489,5 г; 1 фут (пье, pied) равен приблизительно 0,325 м.
- ⁵⁵ Там же, стр. 139.
- ⁵⁶ «Мемуары Академии наук» («Mém. Acad. R. Sci.», 1718—1741, p. 192); ср. «Начала», кн. II, предл. 33, следств. 5.
- ⁵⁷ «Мемуары Академии наук», 1709, стр. 141 и след.
- ⁵⁸ Мемуары Сорена похвалил И. Бернулли; см.: «Новые мысли по поводу системы г. Декарта. Собрание работ, премированных Королевской академией наук». Париж, 1752, II, стр. 11 (J. Bernoulli. Nouvelles pensées sur le systéme de M. Descartes. Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Académie Royale des Sciences. Paris, 1752, v. II, p. 11).
- ⁵⁹ Мальбранш. Разыскание истины. 6 изд. Париж, 1712, т. IV, стр. 478 (Malebranche. Recherche de la vérité).
- ⁶⁰ Там же, стр. 483 и след.
- ⁶¹ Буйе. Рассуждение о тяжести. «Собрание рассуждений, премированных академией в Бордо», 1715—1741, стр. 52 (J. Bouillier. Dissertation sur la cause de la pesanteur). Буйе отверг гипотезу Сорена об эфире, потому что эфир не мог бы переносить планеты вокруг Солнца (там же, стр. 13 и след.).
- ⁶² Там же, стр. 39.
- ⁶³ Там же, стр. 37.
- ⁶⁴ Там же, стр. 38.
- ⁶⁵ Там же, стр. 40.
- ⁶⁶ Лаплас. Небесная механика. Париж, 1805, т. IV, стр. 325 и след. (Laplace. Traité de mécanique céleste).

НЬЮТОН И ЗАКОН ТЯГОТЕНИЯ *

Недавно произошло оживление в исследовании наследия Ньютона. Королевское общество наконец начало публикацию его корреспонденции^{1**}. Различные ученые² извлекли на свет много новых интересных данных из рукописей Ньютона, которыми слишком долго пренебрегали. Впервые тщательные и компетентные изыскания были посвящены той стороне его деятельности, которая до сих пор оставалась неясной: его историческим исследованиям, переплетающимся с теологическими соображениями, которым он сам придавал большое значение³. Сопоставляя эти новые данные с давно известными, но недостаточно понятными фактами, мы приходим, как я намереваюсь показать, к оценке личности Ньютона, в значительной мере отличной от традиционной. На последнюю оказал слишком большое влияние ореол героизма⁴, но дело не только в том, чтобы восстать против этого — последние биографы склонны к развенчанию героя. Личность Ньютона не легко понять: он был скрытен и подозрителен, и приходится ловить его, так сказать, в те моменты, когда он не принимает мер предосторожности, для того чтобы уловить его мысли и его страсти. Восстановить связное описание по

* Leon Rosenfeld. Newton and the law of gravitation.— Напечатано в «Archives for the History of Exact Sciences», v. 2. 1962—1965, p. 365—386.

** Цифрами отмечены примечания в конце статьи (стр. 94—92).

обрывкам данных, собранных в его бумагах, в его письмах и в его поступках,— это, в значительной мере, работа детектива, но она стоит того, чтобы ее предпринять.

В мыслях Ньютона проблема понимания строения Вселенной, которая привела его к открытию закона тяготения, несомненно занимала центральное положение, хотя безусловно это не было проблемой, которую он рассматривал как самую главную и которой он посвятил самые большие усилия. Действительно, кажется странным, насколько случайно он обращается к ней до того, как Галлею с немалыми трудностями удалось вырвать у него то его произведение, которое мы считаем величайшим. Несомненно, в таком отношении есть что-то требующее объяснения. Обстоятельства открытия закона тяготения опять-таки связаны с некоторыми загадками, которые уже давно привлекали внимание историков: после того как Ньютон впервые пришел к идее тождественности силы тяжести на земле с силой, которая управляет движениями планет, почему Ньютон не сразу пришел к решению вопроса? Почему прошло двадцать лет, прежде чем он провозгласил закон всемирного тяготения?

Чтобы ответить на этот вопрос, создали рассказ, основанный на малоубедительных данных о том, что первые оценки Ньютона не показали ожидаемого тождества этих двух сил, ибо он воспользовался неправильным значением для радиуса Земли (от чего, как мы сейчас видим, результат зависит весьма существенно). Поэтому ему пришлось ждать, пока будет получено более точное значение этого радиуса в результате триангуляции Пикара, прежде чем он сможет повторить вычисления, которые его укрепят в убеждении, что первоначальное предположение было верным. А для того чтобы не пропал оттенок драматизма, добавляли даже, что когда он производил эти последние вычисления, руки его дрожали настолько, что он должен был просить друга закончить за него расчет⁵. Насколько вся эта история неправдоподобна, не ускользнуло от пронизательности таких компетентных ученых, как Адамс (сооткрыватель планеты Нептуна) и выдающийся математик Глешер: они выдвинули, по-видимому, более правдоподобное объяснение, которое можно было подкрепить собственными заявлениями Ньютона⁶. В знаменитом письме Галлею от 20 июня 1686 г.⁷ Ньютон намекает на некое доказательство, которое он нашел в про-

плом году и которое впервые дало ему полную уверенность в том, что закон обратных квадратов в точности верен, вплоть до поверхности Земли. Очевидно, здесь имеется в виду теорема о притяжении сферической оболочки, без чего рассуждение, которое ведет к выводу о тождестве силы тяжести и силы притяжения Луны, действительно не имеет под собой твердой почвы. Однако вопрос о тождестве этих двух сил не может еще полностью исчерпать вопрос: Ньютону приходилось бороться с очень многими проблемами и единственный метод, ведущий к объяснению хода дела, состоит в том, чтобы восстановить все этапы его длительного поиска. Действуя таким образом, мы одновременно сумеем разобраться в более глубоких мотивах Ньютона и в деятельности его могучего интеллекта.



Вернемся к началу, к осени 1665 г., когда молодой кембриджский ученый⁸, ища убежища от чумы в фамильном доме в Вулсторпе, проводил время в глубоких размышлениях. Аутентичность того, что история о падающем яблоке была толчком к окончательному ходу его мыслей, нам гарантируют показания самого Ньютона, дошедшие до нас в надежной передаче его друга Стукелея⁹. Попробуем сначала восстановить ход рассуждений. В некоторой мере это неизбежно связано с догадками, ибо, к несчастью, в бумагах Ньютона не осталось никакого следа. Однако есть косвенные показания, указывающие на то, что здесь мы имеем под ногами твердую почву. Так, мы знаем, что Гук¹⁰ как раз в то же самое время предавался размышлениям относительно силы, которая исходит от небесных тел и с помощью которой они притягивают другие тела и влияют на их движение. Гук полагал, что когда на тело действует такая сила, то оно будет отклоняться от своего движения по инерции и вынуждено будет вращаться по замкнутой орбите так же, как конический маятник или как тело, привязанное к вращающемуся колесу. А в последних случаях движения он был уверен в том, что имеется взаимодействие силы, отклоняющей тело от его инерциального движения, и стремления сохранить состояние или центробежной силы, причем обе силы уравновешиваются взаимно па действительной траектории тела.

Если допустить, что молодой ученый, чьи необыкновенные дарования уже произвели впечатление на его учителя Исаака Барроу¹¹*, исходил из подобной концепции природы движения Луны, то мы видим, что главной проблемой для него являлось вычисление центростремительного ускорения такого тела на почти круговой орбите. Действительно, это ему сразу дало бы ускорение, которое вызывается притяжением Земли. Поэтому нам надо разобраться в том, как Ньютон получил выражение для центростремительного ускорения,

$$A = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \quad (1)$$

(или какое-либо эквивалентное выражение) в функции и от периода обращения T и радиуса R орбиты.

Следующим этапом являлось принятие для притяжения закона обратных квадратов. Тогда мы находим его значение на поверхности Земли из пропорции

$$a : A = R^2 : r^2,$$

где строчные буквы относятся к Земле, а прописные — к Луне. Можно ожидать, что это ускорение такое же самое, как ускорение свободно падающего тела. Для Ньютона было нетрудно сделать последний шаг, ибо он знал формулу (1). Действительно, закон обратных квадратов является ее непосредственным следствием, если эту формулу скомбинировать с третьим законом Кеплера движения планет. Мы имеем прямые указания на то, что Ньютон именно в это время пришел к таким заключениям¹².

* Тут и несколько ниже Л. Розенфельд использует общепринятую в литературе о Ньюtone версию о его отношениях с Барроу. Эту версию, идущую от первых биографов Ньютона, теперь, в результате предпринятого за последние годы исследования архивов Ньютона, следует считать несостоятельной. «Хотя отношения Барроу и Ньютона представляют значительный интерес для историка, их характер до сих пор не ясен. Что Ньютон был учеником Барроу по Тринити-колледжу — миф, и во всей массе сохранившихся бумаг Ньютона, относящихся к первым годам его деятельности, имя Барроу не упоминается. У нас нет также основательных данных в пользу того, что Ньютон обязан личному руководству Барроу какими бы то ни было математическими или оптическими открытиями первых лет своей деятельности». Таковы выводы исследователя рукописей Ньютона Уайтсайда (D. T. Whiteside) — см. его статью «Barrow» в «Dictionary of Scientific Biography», препринт. Для основных выводов автора статьи это обстоятельство не имеет значения. — *Прим. перев.*

Между прочим, как мы увидим, оно же было получено позже и независимо Гуком и другими «виртуозами»*. Потребовалась, однако, критическая хватка Ньютона, чтобы усмотреть, какие тут возможны ограничения, но об этом позже. Для численного подсчета ускорения a на основе предыдущих утверждений Ньютону требовалось помимо известных значений периода оборота Луны T и отношения $R : r$ — радиуса лунной орбиты и радиуса Земли, также и абсолютное значение последнего. Действительно, то значение, которое мы получаем для a , линейно зависит от значения, принятого для радиуса Земли. Здесь мы встречаемся с той проблемой, на которую мы указывали выше. Какое значение использовал Ньютон? Давайте обратимся к его предыдущим исследованиям о законе центростремительной силы, — они должны подсказать нам правдоподобный ответ на подобный вопрос.

Анализ кругового движения с использованием центростремительной тенденции восходит к Галилею. Во втором дне его «Диалогов» 1632 г.¹³, посвященном рассмотрению тех возражений, которые выдвигаются против движения Земли, ставится вопрос, не улетели бы все тела, как бы они тяжелы ни были, в пространство с поверхности движущейся Земли, подобно камню, который срывается с пращи. С утонченной иронией Галилей ухитряется вложить опровержение этого мнения в уста самого Симплицио, который вынужден остроумным перекрестным допросом признать, что тело на поверхности Земли отбрасывается по касательной к этой поверхности не со всей скоростью движения Земли, а только приподнимается вдоль радиуса по отношению касательной в непосредственно близлежащее положение. Однако Галилей не в состоянии количественно оценить это явление, он только правильно чувствует, что оно должно быть значительно меньше по своему эффекту, чем сила тяжести.

Гюйгенс был первым, кто сумел завершить ход рассуждений Галилея¹⁴. Эта работа относится к 1659 г., когда Гюйгенс, которому исполнилось тогда тридцать лет, достиг зрелости своего гения. В его трактовке проблемы видна рука мастера. Эта трактовка лучше, чем положение во многих современных книгах. Подход Галилея

* *virtuosi* (лат.) — так в Англии времен Ньютона называли людей ученых, «изошравшихся в науках».

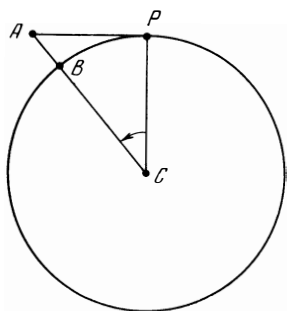


И С А А К Н Ъ Ю Т О Н

(1642—1727)

весьма элегантным образом обосновывается путем рассмотрения движения с точки зрения наблюдателя, участвующего во вращении. Для такого наблюдателя отклонение от инерциального движения в течение весьма короткого промежутка времени можно действительно аппроксимировать движением, направленным к центру. Это показано с помощью тщательного кинематического анализа, которым Гюйгенс продемонстрировал свое искусство разбирать задачи континуального характера с помощью методов древних геометров. Если (рис. 1) дуга PB очень мала, то расстояние по радиусу AB , как легко видеть, приблизительно равно квадрату дуги PB , деленному на радиус i , таким образом, пропорционально квадрату времени. А это в точности тот самый закон, что и закон свободного падения, так что мы сразу видим, что центростремительное ускорение определяется произведением радиуса на квадрат угловой скорости, как это и выражено в формуле (1).

Однако Гюйгенс не опубликовал закона центростремительного ускорения до 1673 г., когда этот закон появился в приложении к «Маятниковым часам»¹⁵. Ньютон же знал его в 1665 г., так как он открыл его с помощью собственных

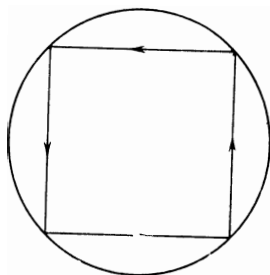


1. Анализ кругового движения у Гюйгенса

изысканий на год раньше — в 22-летнем возрасте. Недавно опубликованные его ранние записи показывают тот извилистый путь, которым он шел тогда к цели. Тут и следа нет от ученой элегантности голландского физика. Подход Ньютона, наоборот, удивляет своей бесхитростной неуклюжестью. На это наложил отпечаток его учитель Барроу, чьи дидактические произведения отмечают окончательный разрыв с геометрической традицией древних ради новых аналитических методов. Такая тенденция,

естественно, еще более видна в первых попытках Ньютона, относящихся к тому же периоду, систематически представлять функции, определенные геометрически, с помощью бесконечных рядов.

В своем анализе кругового движения Ньютон рассматривает тот случай, когда шар движется по большому кругу внутри полой сферы¹⁶. Инерциальному движению шара постоянно мешает сферическая поверхность, которая испытывает давление со стороны шара. Это центростремительное давление изменяется изменением количества движения, которое соответствует отклонению от инерциального движения шара. Ньютон сначала полу-



2. Анализ кругового движения у Ньютона

лучает нижний предел для величины этого эффекта, замечая, что за пол-оборота скорость шара принимает прямо противоположное направление: поэтому его полное устремление от центра за пол-оборота как раз, по меньшей мере, равно его удвоенному количеству движения. Лучшая оценка получается для того случая (рис. 2), когда шар с той же скоростью, что и в действительности, в круговом

Движении полностью четырехкратно описывает полный оборот по отношению к сфере, проходя таким образом $\frac{1}{4}$ стороны вписанного квадрата. Это дает пропорцию

$$\frac{\text{«устремление от центра» при каждом отражении}}{\text{количество движения}} = \frac{\text{сторона вписанного квадрата}}{\text{радиус сферы}},$$

откуда

$$\frac{\text{полное устремление от центра за один оборот}}{\text{количество движения}} = \frac{\text{периметр траектории}}{\text{радиус сферы}}.$$

Легко видеть, что это рассуждение имеет силу для любого правильного вписанного многоугольника в той же мере, что и для квадрата. И таким образом с помощью перехода к пределу, известному со времен Архимеда, Ньютон мог заключить, что в действительном круговом движении полное устремление от центра за один оборот относится к количеству движения так, как окружность относится к радиусу. Это дало ему значение 2π вместо нижнего предела 2 для того же отношения за пол-оборота. Заодно в силу полной равномерности всего процесса мы можем сказать, что полное устремление от центра за то время, в течение которого тело описывает дугу, равную радиусу, в точности равно количеству движения. Как перейти от этого интегрального закона к выражению для мгновенной силы? Для мощной интуиции Ньютона непрерывное изменение направления центробежной силы не было затруднением: влияние последнего должно было быть таким же, как если бы движение вместо того, чтобы быть ограниченным сферической поверхностью, могло происходить на плоскости. Но тогда мы имеем проблему, решенную Галилеем, проблему влияния постоянной силы, подобной силе тяжести, которая действует перпендикулярно к траектории равномерно движущегося тела. Полный эффект постоянного ускорения A в течение времени t состоит в том, что оно дает скорость At . А теперь мы нашли, что если время t равно R/v (R обозначает радиус сферы, v — скорость кругового движения), то полученная скорость есть как раз v . Поэтому имеем в качестве выражения для центробежного ускорения $A = v^2/R$, что эквивалентно формуле (1), указанной выше.

Неясно, что именно побудило Ньютона столь оригинальным способом исследовать круговое движение; как указывают некоторые из его заметок, это могло быть связано с чтением «Принципов философии» Декарта¹⁷, однако хотя влияние последнего на Гюйгенса, так же как на Ньютона, обусловило их общую концепцию передачи силы соприкосновением, картезианская динамика была слишком груба и ошибочна, чтобы прийтись по вкусу столь острым и независимым умам. И для Гюйгенса, и для Ньютона настоящим источником вдохновения в их динамических размышлениях был Галилей. Другие рукописи того же времени¹⁸ свидетельствуют о том, что Ньютон читал «Диалог», английский перевод которого, принадлежавший Салюсбери, был доступен с 1661 г.¹⁹ В одной из рукописей мы находим новый вывод закона центробежной силы, весьма сходный с выводом Гюйгенса, но это несомненно был второй вывод. Аргументы, основанные на принципе относительности, которыми так блестяще воспользовались Галилей и Гюйгенс, никогда не были близки Ньютону. То, что он взял у Галилея, это было, как показывает его анализ кругового движения, скорее динамическим аспектом закона инерции, идея исследовать силы, определяющие движения тел, с помощью изменения количества движения, которое они вызывают.

Был также обнаружен остроумно расшифрованный теперь Херивелем обрывок бумаги²⁰, на котором Ньютон набросал числовые расчеты, ведущие к количественным оценкам, которых, как я выше отмечал, не хватало в рассуждениях Галилея. Мы видим здесь, как Ньютон применяет свое недавно приобретенное знание закона центробежных сил для того, чтобы вычислить эту силу на поверхности Земли и сравнить ее с силой тяжести. Этот драгоценный документ дает окончательный ответ на вопрос, какое значение для радиуса Земли Ньютон принимал в его знаменитом «Размышлении под яблоней». Кеджори написал на эту тему весьма ученую статью²¹. Он тщательно собрал все данные, какие он мог найти в книгах по навигации того времени, и взвешивал разные доводы в пользу того, в какой мере Ньютон мог знать всю эту науку. Однако Кеджори упустил один пункт, пункт, который, быть может, является наиболее очевидным и который, как выяснилось во всяком случае, теперь, дает окончательное решение — он не обратился к «Диалогу» Га-

лилея. В только что упомянутых вычислениях Ньютон достаточно естественным образом заимствует необходимые ему значения из той книги, которую он изучал; а именно, оно указано равным 3500 итальянским милям. Допустим, что мы не можем быть вполне уверены в том, что Ньютон и в других вычислениях пользовался тем же значением, но близость дат и обстоятельств делает такое предположение исключительно вероятным. Это значение действительно весьма грубое, оно на 16% занижено. Очевидно, Галилей рассматривал его как круглое число, которое легко запомнить и которое достаточно для быстрых прикидок. Стоит заметить, что значение, которое Галилей принимает для ускорения силы тяжести, значительно хуже: оно равно половине истинного значения. Это Ньютон считал неприемлемым, и он решил определить более точное значение с помощью опытов над периодами колебаний простого и конического маятников, что само по себе было другим замечательным достижением. Очевидно, он все-таки не обратил внимания на то, что значение, приводимое Галилеем для радиуса Земли, недостаточно точно.

Если он пользовался этим значением, то он нашел расхождение порядка 16% между притяжением, вычисленным для поверхности Земли, и силою тяжести²². Что он думал о таком результате? У нас есть свидетельства Пембертона и Вистона, которые знали Ньютона в поздние годы²³. Создается впечатление, что он рассматривал результат как опровергающий ту идею, которую он хотел проверить. Пембертон и Вистон упоминают о том, что неправильное значение радиуса Земли было причиной неудач, но это — ретроспективное соображение, которое не проливает света на мотивы, в силу которых Ньютон мог столь небрежно подойти к вопросу об этой постоянной. С другой стороны, сам Ньютон в «Памятной записке» 1714 г.²⁴ указывает, что он считал свои вычисления в достаточной мере подходящими, а это говорит о том, что он не в столь уж большой мере был не удовлетворен результатом. В конце концов никто из комментаторов, склонных к драматизации, ни разу не поставил напрашивающийся вопрос: в какой мере Ньютон мог рассчитывать на согласование этих двух ускорений? Вистон²⁵ в качестве дальнейшей информации сообщает то, что представляется весьма непосредственно связанным с этой стороной дела: он утверждает, что Ньютон был склонен сделать вывод о

наличии кроме тяготения какой-то другой причины, подобной картезианскому вихрю, которая может влиять на движение Луны. Только исследуя вопрос дальше, мы можем надеяться на то, что обнаружим другие наводящие данные. Покамест каждому ученому ясно, что Ньютон на этом этапе имел перед собой увлекательную перспективу, но у него не было ничего пригодного для опубликования.



В течение десятилетия после возвращения в Кембридж в 1667 г. мы находим Ньютона погруженным в оптические исследования, а также деятельно занятым математической перепиской с Коллинзом. Однако к этим годам относятся и важные указания на то, что, не упуская из вида проблемы тяготения, Ньютон выдвигал такие соображения относительно природы этой силы, которые отличались исключительной глубиной и смелостью. Первое указание на это, хотя и несколько косвенное, достаточно существенно для того, чтобы его привести здесь. Когда в 1673 г. Ньютон получил от Гюйгенса экземпляр «Маятниковых часов», он не преминул в своем благодарственном письме намекнуть несколько загадочным образом, как то было в обычае у «виртуозов», что и он относительно центробежной силы давно уже знает все, и постарался сделать это, приведя в качестве примера полезности такого знания принадлежавшее ему применение к сравнению взаимных притяжений Земли и Луны, с одной стороны, Солнца и Земли — с другой²⁶. Много позже, намекая на это послание, Ньютон полагал даже, что он там явно указал на то, что подобное сравнение, с учетом третьего закона Кеплера, приводит к закону обратных квадратов для тяготения. В действительности, в этом письме такого вывода нет, как он скоро мог убедиться сам, найдя копию письма, и это упущение его удивило. Очевидно, он запомнил свое первоначальное намерение сообщить Гюйгенсу более полный отчет о своих старых исследованиях. Во всяком случае это показывает, что он их не забросил.

Другой любопытный факт²⁷ обнаруживается в письмах, которыми он обменивался в январе 1680 г. с Томасом Бернетом (Burnet) по случаю появления книги последнего

«Telluris theoria sacra» *, которая представляет собой одну из самых ранних попыток дать научную теорию образования Земли. Бернет, между прочим, запрашивал, какого Ньютона мнения относительно формы Земли, и Ньютон ответил, что, насколько он может судить, основываясь на аналогии с другими планетами, Земля сферической формы; при этом Ньютон указывал, что эффектом вращения можно пренебречь. Кроме того, он не может сказать, как использовать геодезические измерения, «не зная, насколько точно они были сделаны или насколько точно были определены широты использованных при этом пунктов». Это заявление позволяет нам в известной мере понять, почему он даже на этой более поздней стадии не проявлял большого рвения, чтобы получить лучшие данные о радиусе Земли.

Дискуссия с Бернетом представляет интерес с другой, более общей точки зрения. Она позволяет нам увидеть тот аспект мышления Ньютона, который настолько не конгеннален нам, что биографы его большей частью не понимали или проходили мимо него,— я имею в виду его отношение к теологическим проблемам. Прежде всего, в то время как Бернет обходит первый рассказ о сотворении книги «Бытия», как чисто «идеальный», не имеющий отношения к «физической действительности», Ньютон защищает его весьма изобретательно, как разумное описание физических явлений в том виде, в каком их наблюдал бы человек с Земли, если бы он мог быть их свидетелем. Что касается самих явлений, Ньютон представляет себе постепенное образование Солнца и планет в качестве местных сгущений из первоначального хаоса, возможно по вполне естественной причине, такой, как действие тяготения. Продолжительность последовательных дней он считает постепенно уменьшающейся по мере того, как Земля переходит в свое нынешнее состояние вращения. Однако здесь он допускает и непосредственное божественное вмешательство, полагая, что естественные причины недостаточны для того, чтобы создать такое вращательное движение. Такая смесь рационализма и теологии для нас трудно постижима, однако я надеюсь показать в последней части этой статьи, что это может быть сделано более понятным, если полностью учесть все обстоятельства. Во всяком случае с точки зрения методики было бы совершенно неверным пренебрегать той

* «Священная история Земли» (лат.).

стороной деятельности Ньютона, которой он сам придавал, быть может, больше значения, чем своим научным трудам.

Для нашего исследования еще больший интерес представляет другой документ, в котором Ньютон предстает перед нами ученым, занятым соображениями совершенно другого характера, чем те глубокие, пронизательные и индуктивные изыскания относительно законов природы, за которые его обычно прославляют. Это большая статья, написанная примерно около 1675 г.²⁸, в которой Ньютон развивает гипотезу всемирного эфира, как того агента, с помощью которого не только передаются различные силы, действующие на материю, но даже мускульные движения вызываются душой. Есть несколько других рукописей²⁹, а кроме того, в материалах, которые опубликованы в форме вопросов в конце «Оптики», развиваются и видоизменяются также взгляды, которые содержатся в рассматриваемой статье, но именно последняя играет решающую роль в той последовательности событий, которую мы пытаемся здесь анализировать. Она была передана Ольденбургу, секретарю Королевского общества, 7 декабря 1675 г., и непосредственным поводом для этого был спор Ньютона с Гуком о природе света. Ньютон тщетно пытался уклониться от этого спора, ссылаясь на то, что его теория цветов не зависит от какого бы то ни было допущения относительно физического строения тех лучей, которые являются носителями цветов. А теперь ему необходимо было показать Гуку, что у Гука ему нечего взять ни по тому, ни по другому вопросу и что он действительно более тщательно продумал вопрос о конструкции Вселенной, чем любой из всех «виртуозов», чьи головы «были заполнены гипотезами».

Конечно, более глубоким мотивом было желание познакомиться по крайней мере членов Королевского общества с некоей величественной концепцией построения Вселенной на чисто механических принципах в самом настоящем картезианском духе. Ньютон при этом занимает, любопытным образом, двусмысленную позицию: он чувствует, что все это еще незрело, и поэтому ему не хочется себя чем-то связывать, однако ясно, что он рассматривает это как настолько фундаментальную вещь, что ему не терпится передать ее на обсуждение себе равных³⁰. Он не дает Ольденбургу разрешения ее опубликовать, но разрешает ее зарегистрировать, что означает скопировать в записях общества, до-

ступных только его членам. Приверженность Ньютона к этим спекуляциям, которые так резко противоречат его заявлению: «я не придумываю гипотез», составляет проблему для историка. Я займусь этим несколько ниже и буду иметь возможность опять-таки подчеркнуть при этом внутреннюю связь между научными спекуляциями Ньютона и его метафизикой с ее теологической окраской.

В данный момент отметим только ту замечательную интерпретацию силы тяготения, которую Ньютон предложил в рамках своей гипотезы эфира. В самой статье имеется только краткое и не очень ясное указание на это. Однако когда в 1686 г. у Ньютона был, как мы увидим, повод сообщить Галлею об этом, он добавил некоторые замечания, которые в значительной мере разъясняют его идею, ничуть ее не видоизменяя³¹. Идея заключается в том, что любое тело, вроде Земли или Солнца, является вместилищем или носителем циклического процесса, преобразующего эфир: поток эфира постоянно падает на Землю и проникает во все ее части, плотность эфира возрастает в меру того, как он теряет количество движения в процессе взаимодействия с грубой материей Земли; этот сгущенный эфир тогда непрерывно вытекает из Земли, образуя атмосферу, а в дальнейшем рассеивается в «эфирных пространствах», где он опять принимает свою первоначальную форму, чем и завершается цикл. Если пользоваться современными терминами, то постоянный поток эфира из S частиц в единицу времени, который движется с радиальной скоростью v , на расстоянии R от центра имеет плотность $S/4\pi R^2 v$, возрастающую в обратном отношении скорости. Такой поток оказывает на грубую материю давление $Smv/4\pi R^2$, которое направлено к центру, и пока скорость не изменяется заметным образом, оно обратно пропорционально квадрату расстояния так, как это требуется для притяжения Солнцем планет по третьему закону Кеплера.

Таким образом, мы видим, что в своих смелых спекуляциях относительно строения материального мира Ньютон рассматривал тяготение как универсальную силу, которая, по всей видимости, является притяжением, следующим закону обратных квадратов, хотя фактически она возникает при контактном взаимодействии между эфиром и материей. Опять-таки становится понятным, почему он не публиковал своих идей на столь незрелом этапе, хотя и разрешил зарегистрировать их, как указание на то,

насколько он был уверен в том, что напал на след существенных истин.

С другой стороны, как мы уже отмечали, он полностью оставался при тех выводах, к которым пришел в Булсторповском саду, хотя, по-видимому, он не считал достойным себя проверять и улучшать этот результат, например, используя лучшее значение для радиуса Земли. Я думаю, что такое поведение не столь загадочно, как это кажется. Ученые не любят той напряженной работы, которую требует любое детальное исследование, и они ввязываются в такое дело только под давлением. Ньютон в этом отношении не отличался от рядовых представителей своей профессии. Но случилось так, что в 1679 г. и в последующие годы подобное принуждение возникло как результат необычного сцепления случайных событий, что буквально заставило Ньютона завершить свой великий труд.

*

В декабре 1679 г. Гук, сменивший Ольденбурга на посту секретаря Королевского общества, взял на себя ведение научной корреспонденции, которую раньше обеспечивал второй секретарь. Он воспользовался этим обстоятельством, чтобы сделать еще одну попытку возобновить свои личные отношения с Ньютоном, отношения, которые стали крайне натянутыми во время дискуссии о свете. Предыдущая попытка, сделанная непосредственно после дискуссии 1675—1676 гг.³², была встречена Ньютоном, который был моложе Гука на семь лет, с высокомерной снисходительностью, и в этот раз добрый Гук преуспел не больше (*tantaene animis caelestibus irae!*) *. Приглашая Ньютона³³ сообщить обществу «все, что ему представляется философическим», Гук допустил дипломатическую ошибку, предлагая Ньютону «выдвинуть также возражения против любой своей гипотезы и любого своего мнения» и упомянув при этом, в частности, свои идеи относительно составления небесных движений планет из прямого движения по касательной и притягательного движения к центральному телу.

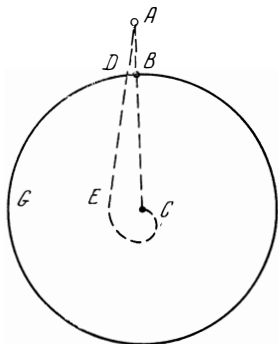
Ньютон уклонился от предложения³⁴ под предлогом, до обидного неправдоподобным: он-де в последнее время

* Непереводимая игра слов.

настолько потерял связь с «философией», что не знает последних работ и поэтому не может вспомнить, слышал ли он когда-либо о гипотезах Гука относительно небесных движений.

Тем не менее для того чтобы «смягчить свой ответ», Ньютон, как он позже писал Галлею³⁵, вставил в него «философское сообщение». Он подчеркнул, что можно

получить доказательство вращения Земли из наблюдений отклонения падающего тела от вертикали по направлению к востоку. На рис. 3, который иллюстрирует рассуждение, Ньютон продолжил путь AD падающего тела до центра C Земли в виде плавной кривой DEC . Это замечание вызвало быстрый ответ Гука³⁶: если бы тело могло двигаться внутри Земли, писал Гук, оно не описало бы такой кривой, какую набросал Ньютон, а скорее эллипсоподобную траекторию вокруг центра (см. кривую $AFGH$ на рис. 4), по которой оно вернулось бы в исходную точку, если бы не было сопротивления движению.

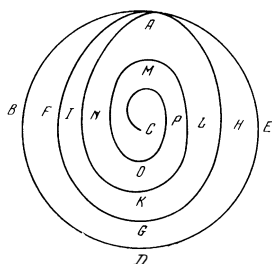


3. Траектория падающего тела, продолженная до центра Земли, согласно Ньютону

Если допустить такое сопротивление, то путь тела будет напоминать спиралевидную кривую $AJKLMNOP$, которая в конце концов достигает центра C . Более того, отклонение от вертикали будет точно на восток только на экваторе, а в наших северных широтах оно скорее будет юго-восточным направлением, и в Лондоне даже больше к югу, чем к востоку.

Вопреки своему желанию³⁷ Ньютон был таким образом вынужден продолжать переписку, и, что было еще хуже, он вынужден был признать, что допустил ошибку, рисуя внутреннюю часть траектории. Однако он не снизошел до того, чтобы прокомментировать решение Гука, а перешел к рассмотрению того вида, какой имела бы траектория, если бы сила тяжести оставалась внутри Земли все время постоянной³⁸. На это Гук возразил в следующем письме, чем обсуждение и закончилось, что он имел в виду тот случай, когда притяжение следует закону обратных квадратов вплоть до центра. Проблема

гравитации была одна из тех, о которых Гук, при его хлопотной жизни, никогда не прекращал размышлять на свой лад, с присущей ему проникающей и изобретательностью³⁹. Гук также вполне ясно указал⁴⁰ причину своего постоянного интереса к ней: полезность хорошей теории планетных движений для решения великой проб-



4. Траектория тяжелого тела внутри Земли, согласно Гуку

лемы навигации, т. е. для определения долготы, на которой находится судно. Он, видимо, уяснил себе, что тяготение планет к Солнцу должно следовать закону обратных квадратов, как только узнал из книги Гюйгенса закон центробежной силы; мы знаем из записей в его дневнике, что он читал эту книгу в ноябре 1675 г. и сразу же начал размышлять о движении планет. А теперь этот примечательный обмен письмами с Ньютоном показывает нам, что в 1679 г. Гук

правильно угадал форму орбиты, которая вытекает из такого закона.

Это не могло быть более чем догадкой, потому что Гуку полностью недоставало тех математических средств, которые необходимы для решения подобной проблемы; можно даже сказать, как позже действительно сказал Ньютон в припадке гнева⁴¹, что такая догадка была легким делом, ибо собственно со времен Кеплера было известно, что эллиптические орбиты достаточно хорошо соответствуют наблюдениям. Но ясно признать, что форма орбиты определяется силой притяжения, исходящей от Солнца и выражающейся определенным законом в зависимости от расстояния, и что фундаментальной проблемой астрономии является математический вывод орбиты из законов тяготения,— это немалое интеллектуальное достижение, которое надо поставить в заслугу Гуку. Даже Ньютон, как ни сдержанно он относился к Гуку, был достаточно снисходителен для того, чтобы признать тот стимул, который он от Гука получил⁴²: «Ваше остроумное письмо побудило меня более подробно рассмотреть вид такой кривой, и я мог бы кое-что добавить относительно ее описания по точкам *quam proxime*»*. Эта последняя

* приближенно (лат.)

фраза указывает заодно, что Ньютон настолько был хорошо подготовлен к рассмотрению этой проблемы, что в ответ на вызов Гука он стремительно мог расправиться с ней, по крайней мере в самых существенных пунктах. Как он поясняет в другом месте этого же письма, он рассматривает движение «в соответствии с методом неделимых» как последовательность «неисчислимых и бесконечно малых движений..., непрерывно порождаемых тяжестью», и это привело его к построению траектории по точкам. Если Ньютон указывает здесь метод неделимых, то это несомненно потому, что он не думал, что Гук может быть знаком с собственным методом Ньютона, методом флюксий, по которому тогда ничего не было опубликовано. Получить глобальную характеристику траектории — гораздо более трудная проблема, и здесь общий результат был получен в школе Лейбница. Однако когда Ньютон сообщает нам в позднейших документах, что он вывел эллиптическую форму орбиты из закона обратных квадратов в конце 1679 г., мы можем вполне верить ему в том, что он решил этот частный случай с помощью обратного метода флюксий «даже в его рудиментарной форме»⁴³.

Несколько смешным в этой драматической ситуации кажется то, что Ньютон согласился с неправильным утверждением Гука об уклонении падающего тела к югу⁴⁴. Любопытно, что Ньютон не отметил ошибки и настаивал на пей, пока он не занялся всей проблемой формы Земли во время написания своих «Начал».



В течение ноября 1680 г. наблюдалась замечательная комета, которая двигалась по направлению к Солнцу, а в конце декабря была видна другая комета, которая наблюдалась и в течение следующего января и двигалась по направлению прямо противоположному — от Солнца примерно с той же самой скоростью. Это побудило Флемстида, недавно назначенного королевским астрономом, высказать мнение, что обе кометы в действительности были одной и той же кометой, путь которой вблизи Солнца претерпел полное обращение. Флемстид попытался объяснить это явление⁴⁵ неким магнетическим действием Солнца, действием, которое перешло от тяготения к отталки-

ванию, когда комета вошла в солнечный вихрь, и таким образом была отклонена от своего прямого пути к Солнцу; он наивно представлял себе, что магнитная ось кометы будет следовать за отклонением ее траектории так, что она будет обращена к Солнцу другим полюсом, подобно тому как ядро, по мнению пушечных дел мастеров того времени, всегда обращено одной и той же стороной к своей траектории. Ньютон на запрос о его мнении дал вежливый, но сокрушительный в своей критической части ответ⁴⁶. Соблазнительно остановиться на том, как Ньютон опровергал магнитную гипотезу Флемстида, ибо это показывает нам Ньютона как естественника с наилучшей стороны. Но это вопрос побочный. Я выделю только один пункт в силу его интереса для социального аспекта эволюции науки: по поводу только что упомянутого мнения о поведении ядра Ньютон заметил, что это «может быть традицией у пушечников, но я не вижу, как его можно совместить с законами движения, и поэтому я осмелюсь заявить, что при тщательном рассмотрении это не может подтвердиться, разве что иногда случайно». Подобное высказывание отмечает тот момент, когда наука механики освобождается от эмпиризма ремесленников и когда ее законам доверяют в достаточной мере, чтобы предсказывать исход еще не осуществленных экспериментов. Однако к нашему моменту имеет большее отношение необычная позиция Ньютона в вопросе об идентификации Флемстидом двух комет: Ньютону крайне не хочется допустить такое отождествление, так как это сделает данную комету «парадоксальной»⁴⁷, а все известные пока кометы, как показывает наблюдение, двигались в одном и том же направлении по обе стороны перигелия «по почти прямой линии». Не ранее 1685 г., когда Ньютон разрабатывал теорию кометных орбит для «Начал», он признал правильность остроумной интерпретации наблюдений у Флемстида⁴⁸.

Тем не менее он проявил готовность обсудить возможность искривлений орбиты⁴⁹ и объяснил Флемстиду, что для ее получения не требуется отталкивательной силы: притяжение со стороны Солнца, «которое удерживало бы планеты при их обращении вокруг него», может дать подобную орбиту. Только тогда комета будет вращаться вокруг Солнца, а не отклоняться, как предполагал Флемстид, прежде чем достичь его. Прямым методом Ньютон вычис-

лил орбиту по точным наблюдениям и нашел, что последние такие наблюдения, вместе с его собственными наблюдениями февраля и марта 1681 г., если их экстраполировать назад, указывают на то, что декабрьские положения были за Солнцем. Здесь мы видим, что Ньютон располагает всеми теоретическими средствами, чтобы отождествить кометные движения с движением планет, но Ньютон строго воздерживается от такого шага, ибо он не удовлетворен тем, как это согласуется с данными наблюдения. Как бы он ни был убежден в универсальности сил тяготения, строгие правила его натуральной философии запрещали ему делать поспешные выводы.

Ньютон и Флемстид относились друг к другу с большим уважением, и, несмотря на все разногласия, тон их переписки остается образцовым по вежливости и ясности. Когда Ньютон начал работать над «Началами» в конце 1684 г., он консультировался у Флемстида по различным вопросам астрономических наблюдений⁵⁰. Между прочим, его беспокоил тот факт, что определение орбиты Сатурна, по Кеплеру, не согласуется с третьим законом, и Ньютон заподозрил, что эти расхождения могут быть вызваны возмущением этой орбиты при соединениях с Юпитером. Ньютон запросил Флемстида, не наблюдал ли он отклонений от таблиц Кеплера при таких соединениях, в соответствии с полученными возмущениями. В своем ответе Флемстид выразил удивление, что две планеты можно считать влияющими друг на друга сколько-нибудь заметным образом, и дал Ньютону сведения о своих собственных наблюдениях их орбит. Тогда Ньютон разъяснил, что при вычислении возмущения орбиты Сатурна он принимал закон обратного квадрата для взаимодействия между этими двумя планетами, но из новых данных он усматривает, что он переоценил силы Юпитера. «Ваши сведения, — добавил он, — об ошибках Кеплеровых таблиц для Юпитера и Сатурна избавили меня от нескольких сомнений, я был склонен подозревать, что, может быть, какая-то причина, или нечто другое, мне неизвестное, может нарушить сесквипуальную пропорцию» (под чем подразумевался третий закон Кеплера). В это более позднее время, как мы узнаем в связи с этим инцидентом, Ньютон еще не был уверен, «заполняет ли небеса» третий закон, для него еще не является открытым вопрос об универсальной значимости этого закона и он все еще учитывает

возможность наличия других причин, помимо тяготения, влияющих на движение планет.

Теперь мы переходим к последнему акту драмы. Ньютон, несмотря на то, что его интерес к проблеме гравитации снова оживился, мог бы еще долго воздерживаться от опубликования своих мощных методов и полученных с их помощью капитальных выводов, если бы снова обстоятельства не сложились благоприятно, т. е. если бы не выступил на сцену один из наиболее одаренных людей нового поколения — Эдмунд Галлей. Галлей вырос среди тех, кто первыми отбросили путы традиций и развивали современный дух предприимчивости и исследований, и он последовал за такими лидерами со всей стремительностью юности и со всей силой незаурядного интеллекта. Будучи принят в Королевское общество в 1678 г., когда ему было 22 года, он очень живо откликался на вопросы, которые там ставились, и обсуждал их с наиболее выдающимися «виртуозами». Так случилось, что в одну из сред, в январе 1683—1684 г. Галлей встретился в Лондоне с сэром Кристофором Реном и Гуком и их беседа, как это случалось и перед тем, коснулась великой проблемы планетных движений⁵¹. Все трое хорошо знали, как определить изменение инерциального перемещения, вызываемое притяжением, и как можно прийти к выводу, что притяжение следует закону обратных квадратов, но решающим моментом в проблеме было то, как на основе таких данных получить форму орбиты. Гук хвалился, что он может это сделать, но его собеседников нельзя было удовлетворить простыми заявлениями. Сэр Кристофор предложил в качестве приза книгу стоимостью 40 шиллингов тому, кто получит такое решение в течение двух месяцев. Излишне добавлять, что он не ввел себя в расходы.

Однако Галлей так не оставил дело. В мае того же года он посетил Ньютона в Кембридже и поставил перед ним эту проблему⁵². Ньютон сразу ответил, что он сумел показать эллиптичность орбиты, но он не мог на месте воспроизвести свои рассуждения. Он обещал Галлею прислать ему доказательства. И действительно, в течение июня-июля он изрядно потрудился, набрасывая вчерне трактат «De Motu» *⁵³, в котором он в традиционном стиле,

* «О движении» (лат.).

в виде последовательности определений, аксиом и теорем формулировал законы движения и показывал, как они применяются в случае закона тяготения вида закона обратных квадратов. Трактат был ядром будущих «Начал», а непосредственно он составил содержание лекций Ньютона в течение следующего триместра. По-видимому, Галлей опять посетил его в августе, когда он от Ньютона услышал добрые вести, «что тот вполне усовершенствовал доказательство»⁵⁴. И, наконец, в ноябре Галлей получил обещанную работу. После этого Галлей снова был у Ньютона с визитом и убедил его в необходимости написать развернутое изложение всего предмета. Для того чтобы обеспечить ему необходимое для этого время и вместе с тем закрепить за ним его приоритет, Галлей предложил, чтобы трактат «De Motu» был представлен Королевскому обществу и был занесен в его регистр. С согласия Ньютона он мог сделать такое заявление на заседании 10 декабря и в середине следующего февраля экземпляр, предназначенный для общества, был получен и должным образом запротokolирован⁵⁵.

Таким образом, Галлей не только обеспечил членам общества возможность познакомиться без проволочек с сущностью Ньютоновых идей, но вместе с тем ему удалось вовлечь Ньютона в разработку полного изложения. Интерес и энергия Ньютона теперь все время были на высоте⁵⁶, и работа продвигалась с замечательной быстротой: 28 апреля 1586 г. рукопись первой книги «Начал» была представлена обществу; вторая книга последовала за первой осенью того же года, третья — в апреле 1687 г.⁵⁷, а вся работа в законченном виде появилась примерно в середине лета 1687 г. И опять-таки Галлей взял на себя все хлопоты, равно как и денежные издержки, чтобы работа пошла в печать. Каким образом Галлею удалось так легко преодолеть склонность Ньютона к оттяжкам и заставить его принимать столь ответственные решения? Я думаю, что ответ прост: Ньютон, человек легко возбудимый, чувствовал себя одиноким среди беотийского собрания коллег и студентов, и не удивительно, что он сразу был очарован блестящим и энергичным молодым человеком, которому он мог излагать свои мысли с уверенностью, что они найдут должное понимание. Позже он относился к Фатио де Дюилле с отцовской добротой и с поощрением несомненно по той же самой причине⁵⁸.

Прежде чем Галлею удалось довести все предприятие до счастливого завершения, ему пришлось выдержать бурю, которая стала суровым испытанием его дипломатических талантов⁵⁹. На памятном заседании 28 апреля 1686 г., на котором во множестве расточались похвалы в честь Ньютоновых открытий, Гук был уязвлен тем, что его достижения в этой области совершенно не упоминались, а они, как мы видели, действительно были связаны с достижением той же цели, которую поставил себе Ньютон. Гуку можно вполне простить человеческую слабость, заставлявшую его более высоко оценивать свои собственные мысли, чем они того заслуживали, и даже вообразить, что Ньютон заимствовал у него закон обратных квадратов. В той кофейне, где общество собиралось после заседания, Гук высказал свои притязания, но безуспешно, так как другие были того мнения, что он должен только самому себе предъявить претензии за то, что не проявил больше стараний, дабы обеспечить за собой открытие, которому он придавал столь большое значение. Инцидент был изложен Ньютону Галлеем вполне тактично, но другие сделали то же самое менее удачно. Это в такой мере разъярило Ньютона, что он угрожал исключением третьей книги своего труда, в которой рассматриваются астрономические применения теории. Однако вскоре, после нового эпистолярного шедевра Галлея⁶⁰, он остыл и настолько смягчился, что выразил сожаление о своей вспышке в порыве гнева. Ньютон даже трогательно выразил готовность засвидетельствовать тот факт, что он от Гука узнал о неизбежном для падающего тела отклонении в наших широтах в юго-восточном направлении⁶¹.

Конечно, раздражение Ньютона в данном случае не соответствовало объективным фактам. То, что Гук склонен к хвастовству и к безответственным притязаниям на приоритет, порождаемым горячим и некритическим воображением, было хорошо известно, и никто не принимал этого настолько серьезно, чтобы требовалось какое-либо вмешательство. Но Ньютон никогда полностью не простил Гуку запросов относительно своих оптических открытий, и можно понять, что он впал в раздражение, когда снова оказался предметом необоснованных обвинений. Все же в том положении, в каком Ньютон был в то время, он мог полностью игнорировать все это. Вместо

этого он исписал не одну страницу, страстно защищая оригинальность своих концепций и указывая, что они восходят еще к его студенческим годам. Правда, это — драгоценные страницы, так как они помимо деталей, которые иначе остались бы неизвестными, показывают нам, как он сам судил о различных этапах своих исследований.

Именно отсюда мы узнаем прежде всего то обстоятельство, которое уже указывалось в начале настоящей статьи, а именно, что Ньютон никогда не считал, что закон обратных квадратов остается в силе вплоть до поверхности Земли, пока он не нашел теорему о притяжении сферических оболочек — где-то в 1685 г., в то время, когда писал первую книгу «Начал». Кажется, что это решает вопрос о знаменитом расхождении с данными при первых сравнениях тяжести и притяжения: он не мог приписывать этой оценке значения более чем наводящего и поэтому полагал, что не столь существенно исправить ее, используя лучшее значение для радиуса Земли. Он не предполагал, что ошибка в выбранном им значении столь велика, и был склонен в данном случае рассматривать расхождение как связанное с действительным физическим эффектом. Только после того, как Ньютон открыл теорему о притяжении сфер, он заподозрил, что указанное расхождение фиктивно, и проверил, что оно действительно устраняется, если принять для радиуса Земли значение Пикара⁶². Однако в это время он уже начал писать «Начала», и поэтому исправление ошибки не оказало влияния на его решение опубликовать результаты своих исследований. И действительно, к тому времени он имел столько доказательств того, что закон тяготения «заполняет небеса», что это частное доказательство, которое первоначально и направило его мысли на исследование всей проблемы, представлялось относительно несущественным. В третьей книге «Начал» оно используется только с целью показать, что на поверхности Земли не действует никакое другое тяготение, кроме универсальной гравитации, и при этом выделяется другой источник неточности — несферичность Земли, которая, в свою очередь, является следствием совместного действия гравитации и вращения⁶³. Это дает нам пример того, что часто встречается в истории науки, — того, что я назвал бы деградацией эвристических аргументов: как только

они сыграли свою роль в том, чтобы исследователь уловил какую-то истину более широкого масштаба, они уже отходят в тень, когда их рассматривают с более высокой точки зрения, чем та, достичь которой они помогли.

Однако в обзоре Ньютона всех обстоятельств, которые доказывают то, что он довольно рано уловил закон обратных квадратов, есть замечательная и, думаю, весьма разоблачительная черта. Я имею в виду тот способ, с помощью которого он в качестве свидетельства привлекает статью 1675 г. относительно гипотезы эфира⁶⁴, в связи с чем он отсылает Галлея к регистру Королевского общества. Ньютон смущен тем, что в помещенном там кратком абзаце относительно тяготения, который является дополнительным (он был «вставлен» в последний момент в оригинальный манускрипт), нет упоминания о законе обратных квадратов. Ньютон чувствует себя настолько неловко из-за этого, что в следующем письме к Галлею⁶⁵ он возвращается к тому же вопросу и дает развернутый вывод закона обратных квадратов из гипотезы эфирного потока, вывод, который я выше пытался сформулировать на современном языке. Интересен и тот мотив, из-за которого Ньютон обращается к эфирной гипотезе: он подчеркивает, что эта гипотеза приводит к закону обратных квадратов только «вверх» от поверхности планеты, т. е. в свободном пространстве, где скорость эфирного потока остается постоянной, но не «вниз», вовнутрь тела, где эфир теряет количество движения. Вот почему он в переписке с Гуком о падающих телах из предосторожности не принимал справедливости закона обратных квадратов внутри тел, в противоположность «сапожнику» Гуку, который не отдавал себе отчета в таком ограничении.

Хотя Ньютон описывал свою гипотезу⁶⁶ довольно туманно, как «одну из моих догадок, в которых я не слишком уверен», он, очевидно, рассматривал ее как достаточную, чтобы установить упомянутые ограничения, иначе не имело смысла напоминать о ней для того, чтобы выяснить ошибку Гука. Те, кто смотрит на Ньютона как на великого мастера индуктивного метода (а он таковым был), могут удивиться, но дело обстояло именно так: *habemus confitentem reum**. Полуискреннее заявле-

* Мы располагаем признанием виновного (лат.).

ние, что он не полагается на чистую гипотезу, в то время как он фактически на ней основывался, указывает на то, что две тенденции равной мощи боролись в сознании Ньютона, и в его произведениях можно найти немало примеров этого. Между строгими требованиями рационального анализа и стремлением к всеохватывающему интуитивному синтезу существовало противоречие, которое Ньютон никогда не мог преодолеть и корни которого уходят гораздо глубже, чем захватывает какая-либо проблема научного метода. И действительно, глубокий смысл ньютоновской концепции эфира и объяснение того, что он всю свою жизнь придавал ей исключительное значение,— во всем этом можно разобраться, лишь учтя общий философский и религиозный фон его деятельности.

На философское мировоззрение Ньютона основное влияние оказал Генри Мор⁶⁷, который в Кембридже, в те времена, когда Ньютон был студентом, вместе с Барроу олицетворял прогрессивное направление, откликнувшееся на новый дух в науке и философии. И Барроу, и Мор были родом из одного и того же района в Линкольншире, оплоте пуританизма, и математике в Грентемской школе Ньютона обучал ученик Мора. В Кембридже они оставались близкими друзьями до смерти Мора в 1687 г. Мор принес в Англию идеи итальянских гуманистов XVI столетия, сражавшихся со схоластикой, отстаивал Платона против Аристотеля, и поэтому он стал известен как «Кембриджский платоник». Но это прозвище дезориентирует, потому что идеальный мир Платона у Мора едва-едва проглядывает сквозь строгую пуританскую окраску. Действительно, из двух основных понятий системы Мора, пространства и бога, первое взято у итальянской школы, а второе безусловно является британским. Итальянцы под влиянием коперниканского взгляда на мир сделали пространство бесконечным и рассматривали звезды как многочисленные системы, подобные нашей и свободно перемещающиеся в пространстве. Таким образом, пространство в качестве субстрата движущихся предметов мыслилось как существующее независимо от них и само по себе вечно находящееся в покое. Все предметы рассматривались как одушевленные, материальны они или не материальны, и как движущиеся в этом субстанциональном пространстве, в котором всегда и везде при-

существовал бог. Всю эту космологию Мор воспринял, а через его посредство ее воспринял и Ньютон.

Для английского духа системы Мора характерны его представления о боге, как об абсолютном повелителе мира, создающем по своему произволу предметы и способном воздействовать на них и даже разрушать их в любое время в соответствии с его собственными предначертаниями. В частности, отношение человека к богу — это отношение слуги к его хозяину: человек руководим абсолютной мощью бога и никаким другим из его атрибутов. Как замечает Ньютон, мы говорим: «мой бог», «мой повелитель», но не говорим: «мой бесконечный», «мой вечный»⁶⁸. Все-таки всемогущество бога совместимо со свободной волей человека, равно как с управлением всех природных процессов законами, которые бог установил. Это подчеркивание личного аспекта божества, как правителя мира, является характерной чертой религиозной мысли в Англии в последней половине XVII столетия и не надо далеко искать его исторические корни. Конечно, это является аккуратным перенесением на теологическую плоскость политической идеологии, которую развивала буржуазия после неудачи ее первого опыта самоуправления и затем реставрации королевской власти. Буржуа не были в состоянии найти в их собственной среде источник достаточного авторитета, и они весь авторитет отдали в руки правителя, не принадлежащего к их собственному классу, но они оградили авторитарность короля законом, чтобы обеспечить свою личную свободу. Итак, подданный подчинен королевской воле, но он рассчитывает на то, что король будет действовать согласно законам, выработанным для общего блага и гарантирующим свободу личности.

Все это не является натянутой теоретической интерпретацией. У нас есть прямое доказательство того, что политическая философия Ньютона была в точности такой, как только что изложено. Когда король Яков в феврале 1687 г. попытался заставить университет дать степень магистра искусств необразованному монаху, Ньютон высказался за то, чтобы воспротивиться этому, но не в бунтовщическом духе, а потому, что это было ясным юридическим казусом⁶⁹: «Все честные люди обязаны по законам божеским и человеческим повиноваться законным приказаниям короля. Но если его высочеству советуют

потребовать нечто такое, чего нельзя сделать по закону, то никто не должен пострадать из-за того, что пренебрежет таким требованием». И Ньютон доверительно приходит к выводу: «В этих вопросах мужество порядочного человека окажет помощь всем, ибо закон на нашей стороне».

Но если ход политических взаимоотношений между королем и его подданными мог омрачаться, то и отношения с божественной мощью тоже могли быть связаны с затруднениями. Пионеры науки Нового времени, естествоиспытатели и натурфилософы, были в особой опасности, так как их мог привлечь материализм, и было нелегко выбрать правильный путь между этой Харибдой и Сциллой пантеизма или деизма. Ньютон старается предостеречь нас от последнего: бог — это не длительность или пространство, он всегда существует и везде присутствует, он не мировая душа, он — правитель мира. Главный аргумент в пользу концепции личного бога был старого образца: регулярность явлений природы не может быть делом случая, в ней проявляется наличие верховной мудрости и верховного интеллекта, которые все задумали в соответствии со своим назначением в великой гармонии всего творения. В то время, когда чудеса природы начали раскрываться перед критическим исследованием, это соображение имело большой вес. Для Гюйгенса, например, это было единственным основанием для того, чтобы сохранить веру в божество⁷⁰. Для поколения, которое сменило поколение Ньютона, такое соображение уже теряло свою привлекательность и атеизм становился модным. Бойль был настолько встревожен падением морали, что учредил ежегодные лекции о непогрешимости христианства. Первые бойлевские лекции были прочтены в 1692 г. Бентлеем, который, в частности, в качестве доказательства очевидности того, что строение солнечной системы соответствует задуманному плану, ссылаясь на закон Ньютона. Бентлей заручился активной поддержкой Ньютона при изложении своих соображений⁷¹, и лекции Бентлея показывают нам любопытную смесь той осторожности и убежденности, с которыми Ньютон рассматривал целеустремленную каузальность.

Бог не сделал явным для людей свой замысел, но он наделил людей разумом, так что они в состоянии раскрыть его планы. Великой целью жизни Ньютона было

открыть божий замысел, изучая его творения и следуя тем указаниям, которые бог дал человечеству через посредство своих пророков⁷². Такие мотивы проливают свет на всю его деятельность и придают ей цельность и последовательность. Они лежат в основе его выбора метода: только путем рационального анализа природных явлений и рациональной интерпретации священного писания мы можем надеяться на то, что прочтем послания божьи, ибо разум есть то средство, которое он нам дал для этой цели. Это объясняет проходящие через всю жизнь Ньютона попытки отыскать скрытый смысл в священных книгах (что он трактует как рациональную проблему декодирования) и его ученые и тщательные исторические изыскания, целью которых было установить большую древность еврейского народа и аутентичность пророчеств⁷³. Для него не было существенной разницы ни в целях, ни в методе, между выводом законов природы из анализа явлений и между установлением намерений бога в отношении судьбы человека путем реконструкции истории человечества.

Теперь мы лучше подготовлены к тому, чтобы судить, какое место гипотеза эфира занимает в мышлении Ньютона. Согласно философии Мора и Ньютона, пространство занято как богом, так и созданными им предметами. Но как же бог постигает эти предметы и как он может воздействовать на них? Прямое взаимодействие бога и грубой материи заведомо исключается, ибо у бога нет органов чувств и на него не действует движение тел⁷⁴. А тела не испытывают никакого сопротивления из-за вездесущности бога. Но нет ли какой-либо более тонкой субстанции, которая составила бы недостающее звено? Мор, как мы знаем из его знаменитой дискуссии с Декартом, рассматривал подобное решение, но отказался от него из-за материалистического в нем привкуса. Поэтому Мор пришел к мистической концепции «духов», излучаемых богом и одушевляющих созданные предметы. Однако мистицизм полностью противоречил рационалистическому мышлению Ньютона, картезианизм — в значительно меньшей мере⁷⁵. «Эфирные духи», заполняющие все пространство могли, как этого требовал Декарт, передавать различные силы от тела к телу с помощью соответствующих круговых движений, «ибо природа, — говорил Ньютон, — это вечно вращающийся труженик». Они могут

быть также тем агентом, который передает ощущения от органов чувств «к чувствилищу»^{* 76}, в котором в соответствии с рудиментарной физиологией того времени эти чувственные впечатления непосредственно воспринимаются чувствительной субстанцией животного. Аналогично, на основе смелого сопоставления, пространство является чувствилищем бога, и бог может в нем воспринимать эфирные движения и посредством последних (если такова его воля) влиять на движения материальных тел.

Но если гипотеза эфира играла такую центральную роль в мировоззрении Ньютона, то почему он ее не опубликовал в первом издании «Начал»? Почему, по крайней мере, он не изложил свою гипотетическую теорию в качестве причины гравитации, что избавило бы его от обвинений в том, что он вводит действие на расстоянии как основное свойство материи? По жестокой иронии судьбы доказательство универсальной справедливости закона обратных квадратов тяготения, его величайший триумф, нанесло тяжелый удар по всей его конструкции эфира. Все время Ньютон представлял себе, что небесные тела, двигаясь в эфирной среде, должны испытывать со стороны последней какое-то сопротивление, и поэтому он рассчитывал, что закон обратных квадратов будет только приближенным. Вместе с тем оказалось, что планеты и кометы движутся в небесах по всем направлениям и при этом не обнаруживается никакого наличия какой-либо сопротивляющейся среды. Изучая движение тел в жидкости, что составляет вторую книгу «Начал», Ньютон был вынужден сделать вывод, что плотность эфира должна быть исключительно малой, а в этом случае, как мог эфир выполнять ту роль, для которой он был первоначально предназначен? Столкнувшись с этой трудностью, Ньютон не отказался полностью от своей концепции эфира, но он был вынужден рассматривать его в значительно более узких рамках⁷⁷, ограничивая его действие в основном внутренностью материальных тел и непосредственно примыкающей к ним частью пространства, и прочная уверенность прежних дней исчезла. Когда много лет спустя, уже стариком, он наконец решился опубликовать свои соображения относительно эфира вместе со своими незаконченными исследованиями по оптике, поставленные им

* sensorium (лат.)

там вопросы носят печать драматического самоограничения. Есть скрытая нота самоограничения и в последней странице того «Scholium generale», которым заканчивается второе издание «Начал».

Вызывающий тон утверждения: «И достаточно того, что тяготение действительно существует и действует согласно изложенным нами законам», не скрывает того обстоятельства, что «экспериментальная философия» бьет отбой.

Ньютон потерпел неудачу в своем двойном поиске. Его исторические построения выглядят не лучше его гипотезы эфира — они основаны на проблематичных отождествлениях, которые исключали какую бы то ни было возможность убедительного рассмотрения. В его время обычной ошибкой была недооценка значения этих проблем. Шкала времени была безнадежным образом искажена из-за некритического принятия библейской традиции. И хотя узкие рамки средневекового мира были распатаны Коперником, настоящих размеров Вселенной еще себе не представляли. Ньютон полагал, что история человечества содержится в четырех «древних царствах» классических авторов и что движения небесных тел ограничены солнечной системой. И после долгой жизни, заполненной непрерывавшимся трудом, когда он разгадал законы этих движений, он увидел себя на берегу «океана неоткрытых истин» и с сокрушением написал: «Я не придумываю гипотез».

ПРИМЕЧАНИЯ

- ¹ Пока появились три тома, охватывающие период до 1694 г. (см. [1—3]) *. В последующем изложении документы, опубликованные в «Переписке» (Correspondence), приводятся под их номером с указанием, для большего удобства, тома. Например, 288² обозначает письмо № 288, помещенное во втором томе.
- ² Прежде всего, A. R. Hall [4—5], J. W. Hevelius [6—9], A. Couhé [10].
- ³ См. книгу Мануэля [11] и мою рецензию на нее [12].
- ⁴ Это очень заметно в биографии, написанной Брустером [13], но надо отдать должное этому автору — он исключительно точен и надежен в изложении и передаче фактов. Гораздо хуже обстоит в этом отношении дело с Томсоном и Тэтом [14], чьи суждения о формулировке основных законов механики в

* Числа в квадратных скобках относятся к библиографии, помещенной за примечаниями.

«Principia» совершенно не критичны и обесценены антиисторической интерпретацией асiо как механической работы.

- ⁵ См. об этом в биографии Брустера [13], т. I, стр. 290—292; впрочем, Брустер не вполне не критичен. Кэджори рассмотрел этот вопрос исчерпывающим образом [15].
- ⁶ См. [15].
- ⁷ Это письмо 288². Речь идет о теореме, составляющей содержания Предложения 71 Книги I «Principia» [16].
- ⁸ См. [13], т. I, стр. 25—26.
- ⁹ См. [17].
- ¹⁰ О взглядах Гука на тяготение см. особенно Брустер [13], т. I, стр. 283—288 и Лоне [18]; в статье последнего приведены соответствующие тексты.
- ¹¹ Для полной точности следует указать, что Барроу не очень был доволен Ньютоном, когда экзаменовал его по геометрии в 1664 г. (Брустер, [13], т. I, стр. 24), но он должен был вскоре изменить свое мнение к лучшему, так как открытие Ньютоном метода флюксий датируется уже 20 мая 1665 г. (там же, стр. 25).
Впервые письменно высокая оценка Ньютона со стороны Барроу была дана в 1669 г. (письма 5—7¹).
- ¹² Письмо 288².
- ¹³ См. [19].
- ¹⁴ См. [20].
- ¹⁵ См. [24].
- ¹⁶ Мое изложение основано на документах, опубликованных Херивелем [6], но в некоторых частностях оно расходится с интерпретацией последнего [6, 8].
- ¹⁷ См. по этому поводу замечания Херивела [6, 8]. Ранний «опыт» Ньютона, связанный с «Principia philosophiae» Декарта, опубликован в [5], стр. 89—156.
- ¹⁸ Это рукописи, впервые опубликованные Холлом в [4] и воспроизведенные как документы 117¹ и 347³. Сравнение последней рукописи с переводом Solusbury трактата Галилея («Диалог о двух главных системах мира...») (было проведено первым издателем «Переписки» Ньютона покойным профессором Тэрнбуллом (H. W. Turnbull) и выявило убедительные аналогии. См. об этом у Херивела [7].
- ¹⁹ Это 117¹.
- ²⁰ Это 347³; проанализировано издателем третьего тома «Переписки» д-ром Скоттом (Dr. J. F. Scott), а более полно — Херивелем [7].
- ²¹ См. [15].
- ²² Это согласуется с данными, указанными у Брустера [13], т. I, стр. 268, в связи с рассказом о работах Ньютона в Вулсторпе (Woolsthorpe). Согласно Брустеру, Ньютон нашел для отклонения в одну секунду, вызванного притяжением на поверхности Земли, значение 13,9 футов, тогда как для силы тяжести оно равно 16,1 фута.
- ²³ См. [13], т. I, стр. 290—292 и [15].
- ²⁴ Например, приведено у Кэджори [15], стр. 160.
- ²⁵ Это приведено у Брустера [13], т. I, стр. 290.
- ²⁶ См. начало письма 116¹ к Ольденбургу и примечания к нему.

- Ньютон ссылается на это письмо в своей переписке с Галлеем (Halley) в 1686 г. (288² и 291²).
- ²⁷ Письма 244, 246, 247¹.
- ²⁸ Письмо 146¹.
- ²⁹ См. особенно [5], ч. III.
- ³⁰ Предосторожности, о которых Ньютон писал Ольденбургу, см. в письмах 147¹, 151¹ (постскрипту), 153¹.
- ³¹ См. письмо 288² и конец письма 291².
- ³² Это намек на часто упоминавшийся обмен письмами 152 и 154¹.
- ³³ Письмо Гука Ньютону, 235².
- ³⁴ Ответ Ньютона, 236².
- ³⁵ В его письме 277².
- ³⁶ Письмо 237².
- ³⁷ Раздражение Ньютона живо передано в его отчете Галлею об этой переписке с Гуком (письма 286 и 288²). Его второй ответ Гуку — письмо 238². Следует указать, что рисунок, относящийся к этому письму, в «Переписке» воспроизведен неточно; фотокопия оригинального рисунка имеется в статье Лоне [18], где весьма детально разобран рассматриваемый нами спор Гука и Ньютона.
- ³⁸ Письмо 239².
- ³⁹ Все документы, относящиеся к изысканиям Гука относительно тяготения, можно найти в превосходной статье Лоне [18]. В ней Лоне заступается за Гука с такой горячностью, как будто оба спорщика еще живы! Я не могу согласиться со всеми доводами Лоне и подписаться под всеми его выводами, но его тщательный анализ сослужил мне немалую службу.
- ⁴⁰ В письме 239².
- ⁴¹ В написанном с чувством постскриптуме к письму к Галлею 288².
- ⁴² Письмо 288² (последний абзац).
- ⁴³ Они процитированы в статье Лоне [18]. Все же Лоне (на мой взгляд, без достаточных оснований) утверждает, что Ньютон не был в состоянии решить эту проблему, и он повторяет это утверждение в другой интересной статье [22] о Ньютоновой теории цветов.
- ⁴⁴ Характер этой ошибки очень хорошо разъяснен у Лоне [18].
- ⁴⁵ Представление о взглядах Флемстида можно получить по сохранившейся части его переписки по этому вопросу с Галлеем (письмо 250²) и Ньютоном (письма 251, 254²).
- ⁴⁶ Письма 251 и 252².
- ⁴⁷ Письмо 255².
- ⁴⁸ См. письмо Ньютона Флемстиду от 19 сентября 1685 г., 281².
- ⁴⁹ Письма 254 и 255².
- ⁵⁰ Особенно письма 274, 275, 276².
- ⁵¹ Об этом рассказывает Галлей в письме к Ньютону 289². Сам Ньютон (письмо 286² к Галлею) упоминает о своей беседе с Реном (Wren) по поводу проблемы планетных орбит, которая состоялась еще в 1677 г., и уже тогда Рен, видимо, был знаком с законом обратных квадратов.
- ⁵² Из-за разногласия в различных сообщениях даты визитов Галлея к Ньютону нельзя указать с полной определенностью. Херивел [9] весьма остроумно рассмотрел этот вопрос, и я принимаю его выводы.

- ⁵³ Одна из четырех сохранившихся редакций этого трактата опубликована в [5], стр. 273—292. Запутанный вопрос о том, как связаны эти рукописи с текстом, сообщенным Королевскому обществу, детально рассмотрен у Херивела [9].
- ⁵⁴ Письмо 289².
- ⁵⁵ Ньютон выражает благодарность за регистрацию (протоколирование) в письме 288² от 23 февраля 1684—1685 г. Там он заявляет о своем намерении «закончить ее» (т. е. книгу «Начала») после возвращения из поездки в Линкольншир, «как только это окажется для меня возможным».
- ⁵⁶ Письмо 285².
- ⁵⁷ Письма 300, 303, 304, 306, 309².
- ⁵⁸ Отношение Ньютона к Фатио де Дюилле (Fatio de Duilié) раскрывается в их письмах, опубликованных в третьем томе «Переписки» Ньютона. См. мою рецензию на этот том [23].
- ⁵⁹ К этому памявному инциденту относятся не раз цитированные письма 285, 286, 288, 289, 290, 291².
- ⁶⁰ Это письмо 289².
- ⁶¹ Письмо 290².
- ⁶² В письме к Галлею (288²) Ньютон упоминает (в связи с его посланием Гюйгенсу, на которое указывалось выше) о своей ранней работе (документ № 117¹), на которой основывалось его сообщение Гюйгенсу и где было вычислено центробежное ускорение. Однако Ньютон утверждает также, что в этой работе «вычислено» (к сожалению, в том документе, который до нас дошел, нет никаких вычислений) отношение ускорения тяжести к центробежному ускорению Луны, а затем мимходом добавляет: «хотя недостаточно точно».
- ⁶³ Ньютон имел в виду это осложнение, когда в письме к Галлею (290²), возвращаясь к своей ранней работе, указанной в предыдущем примечании, писал, что вычисление центробежной силы, вызванной вращением Земли, «гораздо более трудный предмет, чем я себе представлял».
- ⁶⁴ В письме 288², как в основном тексте, так и в постскриптуме.
- ⁶⁵ Письмо 290².
- ⁶⁶ Письмо 288², в конце постскриптума.
- ⁶⁷ Это положение особенно подчеркивается в важной работе М. Ферса (M. Fierz) [24], которая содержит детальное изложение идей Мора и их корней в итальянской философии.
- ⁶⁸ «Scholium generale» в конце второго издания «Principia». Это издание появилось в 1713 г., но Ньютон работал над ним задолго до этой даты, и сохранился набросок «Scholium», датируемый, вероятно, ранее 1697 г. (см. об этом [25] и Брустера [13], т. 2, стр. 154).
- ⁶⁹ Письмо 301². Сходные взгляды по другому поводу были снова высказаны Ньютоном двумя годами позже (см. письмо 328³).
- ⁷⁰ См. [26], особенно стр. 524—528, а также стр. 363.
- ⁷¹ Письма 398, 399, 403, 406³.
- ⁷² Насколько Ньютона занимал вопрос об отношении природы к богу, видно уже из его студенческого «опыта» о системе Декарта, на который мы ссылались выше (см. [5], стр. 89—156). В этом «опыте» влияние Мора весьма заметно.
- ⁷³ См. особенно [11] и [12].
- ⁷⁴ См. «Scholium generale».

⁷⁵ Письмо 146¹.

⁷⁶ Относительно уподобления пространства «чувствилищу» бога см. особенно вопрос (query) 31 в конце его «Оптики» [27] и спор Лейбница с Кларком (последний выступал в качестве оратора за Ньютона). Документы, относящиеся к этому спору, с замечательной тщательностью изданы А. Робине [28].

⁷⁷ Лоне [22] преувеличивает трудности для ньютоновой концепции эфира, связанные с отсутствием сопротивления движению планет, когда утверждает, что это ниспровергло и его (Ньютона) «алхимическую космогонию и существенную часть его теории света и цветов»: Ньютон сохранил за эфиром определенную роль в химических и оптических процессах, для чего требуется только взаимодействие в малых масштабах, но ему пришлось оставить надежду на всеобъемлющий синтез.

ЛИТЕРАТУРА

1. «The Correspondence of Sir Isaac Newton», v. 1 (1661—1675). Cambridge University Press, 1959.
2. «The Correspondence of Sir Isaac Newton», v. 2 (1676—1687). Cambridge University Press, 1960.
3. «The Correspondence of Sir Isaac Newton», v. 3 (1688—1694). Cambridge University Press, 1961.
4. A. R. Hall. «Annals of Science», 1957, 13, 62.
5. A. R. Hall and M. Boas Hall. Unpublished scientific papers of Isaac Newton. Cambridge University Press, 1962.
6. J. W. Herivel. «Isis», 1960, 51, 546.
7. J. W. Herivel. «Isis», 1961, 52, 410.
8. J. W. Herivel. «Revue d'histoire des sciences», 1962, 15, 105.
9. J. W. Herivel. «Archives Intern. d'hist. des sciences», 1960, 13, 63; 67; 71.
10. A. Коурё. «Archives Intern. d'hist. des sciences», 1960, 13, 3.
11. F. E. Manuel. Isaac Newton historian. Cambridge University Press, 1963.
12. L. Rosenfeld. «Nature», 1964, 202, 43.
13. D. Brewster. Memoirs of the life, writings and discoveries of Sir Isaac Newton. Edinburgh, 1855.
14. W. Thomson and P. G. Tait. Treatise on natural philosophy. Cambridge University Press, 1879, Гл. II, § 263, 264.
15. F. Cajori in Sir Isaac Newton 1727—1927. Baltimore, 1928, p. 127—188.
16. I. Newton. Philosophiae naturalis principia mathematica. Reg. Soc., Londini, 1687.
Русские издания: И. Ньютон. Математические начала естественной философии. (Перевод акад. А. Н. Крылова. Изд. Николаевской морской академии, 1916).— То же: Собрание трудов акад. А. Н. Крылова, т. VII. Л., 1936.
17. W. Stukeley. Memoirs of Sir Isaac Newton's life [1752]. London, 1936.
18. J. Lohne. «Centaurus», 1960, 7, 6.
19. G. Galilei. Dialogo dei due massimi sistemi del mondo. Landini, Firenze, 1632. Giornata seconda or: «La vertigine veloce ha faculta di estrudere e dissipare».

- В русском переводе см.: Г. Галилей. Избранные труды в двух томах, т. II. М., изд-во «Наука», 1964 (особенно стр. 247 и далее).
20. C. Huygens. Oeuvres complètes, t. 16. Nijhoff, La Haye, 1929. De vi centrifuga (1659), p. 237—328.
 21. C. Huygens. Horologium oscillatorium. Parisiis, 1673. [Oeuvres complètes, t. 18. Nijhoff, La Haye, 1934].
В русском переводе см.: Х. Гюйгенс. Три мемуара по механике (перевод и примеч. М. Х. Баумгартена). М.—Л., 1951.
 22. J. Lohne. «Archive for the history of exact science». 1961, 1, 389.
 23. L. Rosenfeld. «Nature», 1962, 195, 414.
 24. M. Fierz. «Gesnerus», 1954, 11, 62.
 25. J. C. Gregory. «Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh», 1829, 12, 64.
 26. C. Huygens. Oeuvres complètes, t. 21. Nijhoff, La Haye, 1944.
 27. I. Newton. Opticks, 2-nd edition. London, 1717.
Русское издание: Сэр Исаак Ньютон. Оптика, или трактат об отражениях, преломлениях, изгибах и цветах света. (Перевод с 3-го англ. изд. С. И. Вавилова). М., 1927.
 28. A. Robinet. Correspondance Leibniz-Clarke. Presses Universitaires de France. Paris, 1957.
Русское издание: Poleмика Г. Лейбница и С. Кларка по вопросам философии и естествознания (1715—1716 гг.). Перевод, вступительная статья и примеч. В. И. Свидерского и Г. Кребера. Л., 1960.

ОТВЕТ НЬЮТОНА ГУКУ И ТЕОРИЯ ЦВЕТОВ*

Сэр,

11 июня 1672 г.

Я направил Вам ответы, которые я написал мистеру Гуку и отцу Пардису, и надеюсь, что они принесут Вам то удовлетворение, на которое я рассчитывал. И так как в доводах мистера Гука нет ничего такого, что бы меня полностью не удовлетворяло, то я полагаю, что и в моих содержится столь же мало такого, против чего он бы мог возражать; Вы легко увидите, что в своих рассуждениях я усердно избегал применения косвенных и утонченных выражений...

Ваш слуга

И. Ньютон^{1**}.

Сопроводительное письмо, которое следовало за ответами Ньютона Пардису и Гуку, выдает его не совсем чистую совесть. Вполне возможно, что в ответе Гуку Ньютон избегал «косвенных и утонченных выражений»; оружием Ньютона была дубинка, а не рапира. Вряд ли он мог не знать, что Гук найдет немало такого, «против чего он бы мог возражать»; он включил это преднамеренно в письмо, первоначальный набросок которого носит совсем иной характер, чем то, которое было послано. Эволюция ответа Гуку, датированного 11 июня 1672 г., проливает свет не только на возникновение противоречий, которые вспламенялись время от времени, но устойчиво и в течение

* R. S. Westfall. Newton's reply to Hooke and the theory of colors. «Isis», 1963, 54, N 1, p. 82—96.

** Цифрами отмечены примечания в конце статьи (стр. 118—122).

тридцати лет; оно также совершенно по-новому освещает хронологию оптических работ Ньютона.

Июньский ответ вытекал из статьи по теории цветов от 6 февраля 1672 г., на которую Гук составил поспешную критику. Февральская статья, в свою очередь, являлась как результатом работы Ньютона по оптике за последние несколько лет, так и результатом того особого напряжения, которое возникло из-за его страстного желания быть признанным и из-за страха быть высмеянным. По крайней мере ко времени своего назначения на Лукасианскую кафедру осенью 1669 г. Ньютон уже разработал свою теорию, причем настолько основательно, что избрал оптику для своих вступительных лекций, предпочитая ее математике. Самая ранняя форма его теории, которой мы располагаем, и, вероятно, ее первая систематизированная формулировка дана в очерке «О цвете» в одной из ранних записных книжек². Здесь Ньютон пытался сформулировать свои выводы в виде последовательной аргументации. С этой целью он поставил серию опытов для доказательства своей основной концепции, согласно которой явление цветов возникает при расщеплении обычного белого света, а не при его модификации. Этот очерк указывает на существование более ранних статей, на которые Ньютон ссылается. Опыт 3 отсылает вперед к опытам 22, 24 и 37, показывая, что эти опыты были проверены, проанализированы и даже пронумерованы. Важная демонстрация того, что изображение пучка, состоящего из одинаково преломляемых лучей, проектированных призмой, должно быть круглым, демонстрация, которая существенна для аргументации и которая точно разработана в «*Lectiones Opticae*», отсутствует, на нее лишь дается ссылка. Поскольку более ранние статьи должны были существовать, очерк не может быть отнесен с полной уверенностью к данным Ньютона относительно времени написания этой работы. Однако как почерк, которым написан этот очерк, так и другой материал в записной книжке позволяют предполагать, что этот очерк, очевидно, был написан или в 1666 г. или около этого. Ньютон указывал, что свое открытие он сделал в этом году. Судя по его письму от 23 февраля 1668 — 1669 г. к одному из друзей, где упомянуты опыты, касающиеся природы света, которые убедили его в ограниченных возможностях телескопов-рефракторов; по всей вероятности самым поздним сроком написания очерка следует

считать год до чтения «Lectiones»³. Каким бы ни был точный срок написания, очерк, кажется, является первоначальной формулировкой, а все его остальные опубликованные труды по оптике являются лишь развитием и разработкой первичных идей.

Первой и, возможно, самой важной разработкой был курс Лукасианских лекций. После того как в конце 1669 г. Ньютон был назначен на кафедру, он прочитал свою первую серию лекций в начале 1669—1670 гг.⁴ Прежде чем перейти к математике, он прочитал свой курс лекций еще три раза, последний раз осенью 1672 г. В конце 1671 г. он начал готовить лекции, которые он предназначал для публикации⁵. Результатом этого пересмотра являются «Lectiones Opticae», опубликованные в 1729 г. по копии Давида Грегори с рукописи, которая хранилась в библиотеке университета. Однако опубликованная рукопись не является единственным рукописным вариантом этих лекций. Среди портсмутских бумаг в библиотеке Кембриджского университета находится еще один манускрипт (Add. 4002), который является более ранним вариантом, чем опубликованный (датирован 9.67), и один с автографом, каким не является датированный 9.67. Исправленный и дополненный, он лег в основу манускрипта, опубликованного позже. Поправки, которые внесены в этот последний вариант в неизменном виде, сделаны той же самой рукой и теми же чернилами, как и два числа («Январь 1669», т. е. 1669—1670 гг., и «июль 1670»), которые Ньютон добавил на полях. Таким образом, они, должно быть, были сделаны после июля 1670 г., и есть все основания полагать, что они соответствуют пересмотру, начатому в конце 1671 г., о котором упоминается в письмах Коллинза. В то время как содержание этих двух манускриптов очень сходно и их концепции идентичны, они коренным образом различаются по структуре. В опубликованных «Lectiones» Ньютон вначале дает принцип дифференциального преломления и затем посвящает книгу I математическому анализу этого явления в линзах. Теория цветов полностью рассмотрена лишь в книге II. В более раннем варианте порядок обратный. Согласно числам на полях, Ньютон переработал свой очерк, написанный в записной книжке, в законченную теорию цветов к январю 1669—1670 гг. По сравнению с очерком композиция лекций значительно усовершенствована, экспериментальное обоснование намного

расширено; прежде всего контрольные данные, которые в записной книжке для себя оставлены как подразумеваемые, ясно выражены и доведены до конца, когда они преподносятся для других. Переработка 1671 г. мало что изменила в теории цветов и почти ничего не добавила к ней; и хотя в книге I «Оптики», опубликованной более тридцати лет спустя, материал был снова переставлен и некоторые разделы этого труда расширены, в нем очень мало добавилось такого, чего бы уже не было в раннем варианте «Lectiones».

В конце 1671 г., в то время, когда Ньютон занимался пересмотром своего труда, он вдруг стал знаменитой фигурой в кругах Королевского общества, благодаря представленному им телескопу. До этого времени Ньютон не показывал своего инструмента, сведения о нем распространились в узких кругах и появились голоса, требующие его представления⁶. Телескоп стал сенсацией. По крайней мере это утверждалось в сообщении, которое Ньютон получил от Ольденбурга. Епископ Сарумский, Сет Уард, ученый-астроном, выдвинул кандидатуру Ньютона в члены Общества. От теплых лучей искренней похвалы сдержанность Ньютона начала таять. «Я очень тронут честью, которую оказал мне епископ Сарумский, выдвинув меня в кандидаты, и которой, надеюсь, я буду в дальнейшем удостоен при моем избрании в Общество. И если так, я постараюсь засвидетельствовать свою благодарность, сообщая о всех своих незначительных и единичных попытках, которые смогут оказать благоприятное влияние на ваши философские замыслы»⁷. Так как это было написано в то время, когда он был занят пересмотром своих «Lectiones Opticae», то намек Ньютона в последнем предложении его письма совершенно очевиден. Еще одно восторженное послание от Ольденбурга, содержащее новости о том, что по заказу Королевского общества создается более сильный телескоп, развеяли все его колебания. В письме от 18 января он заявил о своем намерении послать статью⁸. И даже тогда, когда весь материал был тщательно обработан и готов для посылки, он не решился послать его, не переработав и не переписав все снова. «И я надеюсь,— писал он 29 января,— что мне удастся найти несколько свободных часов, чтобы послать вам... вскоре тот доклад, который я обещал в своем предыдущем письме»⁹. Опять весной, прежде чем послать ответ

Гуку, и опять в 1675 г., когда он готовил новые статьи о цветах, ограждая себя заблаговременно от возможных нападков, Ньютон прибегает к одним и тем же оборонительным маневрам, делая вид, что его работа носит случайный характер и что он занимается ею лишь в свободные минуты.

В конце концов статья была завершена и послана. Опять ответ был мгновенным. Чтобы понять положение Ньютона в тот период, необходимо иметь в виду, что его контакт с научным миром того времени зависел полностью от Джона Коллинза и Генри Ольденбурга. В данном случае именно письма Ольденбурга снабжали его информацией о том, как была принята его статья. Только позже Ньютону стало понятно, что мнение Ольденбурга совсем не обязательно соответствовало его восторгу. Между тем через несколько дней после отправки своей статьи он получил ответ. Какими бы ни были опасения Ньютона, письмо Ольденбурга не могло не рассеять их на время. «Могу заверить Вас, сэр, что статью здесь встретили с исключительным вниманием и необычайным одобрением. После того как они попросили меня передать Вам сердечную и великую благодарность от их имени (что я здесь с величайшим удовольствием и делаю), они единогласно проголосовали за то, чтобы, если Вы не имеете возражений, этот трактат был напечатан без промедления...»¹⁰ Ответ Ньютона звучит подобно вздоху облегчения.

«Быть принятым в члены этого уважаемого общества я считал раньше большой честью; но теперь я воспринимаю это больше как преимущество и выгодное положение. Можете мне поверить, сэр, соревнование с ними по продвижению настоящего знания я считаю не только своим долгом, но также и огромной привилегией, ибо вместо представления научных трудов толпе, склонной к предвзятому мнению и осуждению (что заглушило и вследствие чего потеряно немало правды), я теперь свободно могу обращаться к такому компетентному и беспристрастному обществу»¹¹.

В пояснении сказано, что он тоже согласен с тем, чтобы его статья была напечатана, хотя все это облачено в типично оборонительную форму. «Что касается напечатания той статьи, я удовлетворен их решением; не будь его, я бы думал, что она слишком прямолинейна и узка

для обозрения публики. Я предназначил ее только для тех, кто знает, как делать выводы из намеков на явления и поэтому, с тем чтобы избежать утомительности, я опустил такие детали и эксперименты, которые можно понять, рассмотрев приведенные законы преломления...»¹²

Ответ Ольденбурга на статью не был единственным. Немногим больше чем через неделю за ним последовала критика Гука, после того как статья была прочитана членам Королевского общества. В течение четырех месяцев, которые прошли, прежде чем Ньютон завершил свой ответ Гуку, он через Ольденбурга получил еще несколько других замечаний на свою статью. Сэр Роберт Муррей предложил четыре опыта для проверки этой теории. Из-за полного отсутствия в них какого бы то ни было знания и понимания дела они напоминают вопросы, которые мог бы задать школьник; они не в большей мере, чем такие вопросы, могли поколебать невозмутимость Ньютона¹³. На подобном уровне были также критические замечания Флемстида, содержащиеся в письме к Коллинзу¹⁴. Нет доказательств, что Ньютон когда-либо видел эти замечания, и они, по всей вероятности, не оказали никакого влияния на него. Замечания иезуита Пардиса были совершенно другого порядка. Будучи вполне сведущим в оптике, он прекрасно понимал коренные положения статьи Ньютона; но, с другой стороны, ему было нелегко отбросить ряд известных ему концепций, с которыми он привык работать. И хотя на его возражения о том, что закон синусов объясняет расходящийся спектр, так как лучи в падающем пучке не параллельны, в статье был дан ответ, его замечания ни в малейшей мере не были невежественными. Они были написаны с чувством собственного достоинства и с уважением к Ньютону¹⁵. Хотя Ньютон был полным победителем в этом споре, он обиделся, когда Пардис отозвался о его теории как о «необычной гипотезе». «Я совершенно не обижаюсь,— ответил он (хотя обижался сильно),— что преподобный отец называет мою теорию гипотезой, поскольку он не был знаком с ней. Но мой замысел был совсем иным, ибо в нем содержится мысль об определенных свойствах света, которые теперь, когда они обнаружены, как мне кажется, легко могут быть проверены и которые, если бы не считал их верными, я бы скорее отбросил как тщетные и пустые спекуляции, чем признал бы их даже гипотезой»¹⁶. Нет сомне-

ния, что частое употребление слова «гипотеза» в критике Гука сделало Ньютона особенно чувствительным к этому слову. Пардис предпочел не говорить колкостей. Свой примиренческий ответ, в котором он извиняется за употребление слова «гипотеза», которое, как он говорит, было первым словом, пришедшим ему в голову, Пардис заканчивает щедрой похвалой: «Я всегда высоко ценил остроумные открытия, и я восхищен замечательным Ньютоном и очень его уважаю»¹⁷.

Гюйгенс не выступал с критикой до 1673 г., но некоторые краткие замечания он все же послал раньше. Зная его будущие возражения, здесь можно уловить некоторый намек на них. «Что касается новой теории Ньютона о свете и цветах, она мне показалась очень остроумной, но нужно посмотреть, совместима ли она со всеми опытами. С удовольствием я нашел то, что он пишет касательно эффекта в стеклах и зеркалах зрительной трубы; здесь видно, что он, как и я, отмечает дефект при преломлении в выпуклых стеклах объектива вследствие кривизны обеих поверхностей»¹⁸. Джеймс Грегори дал на статью благоприятный, хотя до некоторой степени уклончивый ответ, но Ньютон, возможно, не получил копии письма к Коллинзу¹⁹. И наконец, следует отметить отзывы о телескопе, которые продолжали поступать. Несмотря на то, что в «*Journal des Sçavans*» была помещена статья, в которой сообщалось, что Кассегрен изобрел вид отражательного телескопа, превосходящий телескоп Ньютона (что вызвало сердитое опровержение последнего)²⁰, слава его отражательного телескопа не падала. Например, Ольденбург переслал хвалебный отзыв Гюйгенса о «чудесном телескопе мистера Ньютона»²¹.

Было бы неверным утверждать, что Ньютон подвергся беспощадной критике. Если бы не статья Гука, могло бы показаться, что Ньютон пользовался значительным успехом. Замечания Гука, которые можно считать самыми важными в тот период, задевали совсем иную ноту. Они были не столько критикой, сколько нападками. Гук не имел намерения нанести оскорбление, но он писал с видом превосходства и знатока — Гук действительно считал себя знатоком в этой области, — который обращается к начинающему. Будучи напыщенной и опекательской, эта статья приобрела возмутительный тон снисходительности. В статье имеется попытка намекнуть на то, что Гук сам

проделал все опыты Ньютона; без тщательной проверки результатов этих опытов в статье утверждается, что его собственная гипотеза может объяснить их с таким же успехом, как и ньютоновская²². Позже Гук писал лорду Браункеру, что ему понадобилось только четыре часа работы над статьей Ньютона, чтобы написать набросок своей критики²³. Возможно, ее тон можно объяснить тем обстоятельством, что даже в таком случае Гук не замедлил высказаться по всем пунктам статьи. Сколько раз, должно быть, в последующие годы Гук, узнав, кто был этот «новичок», сожалел, что дал такую поспешную критику!

То обстоятельство, что поучительный тон Гука мог вызвать раздражение, не удивительно. Все же в самом начале этого не было. Тон письма Ньютона, в котором он удостоверяет получение отзыва, не показывает раздражения²⁴. И что еще более важно — в первом черновике ответа Гуку тоже нет следов раздражения²⁵. Общее содержание первоначального наброска черновика ответа указывает, что Ньютон не считал, что в общем его статья была принята недоброжелательно.

«Я очень рад, — начал Ньютон, — что такой сведущий и опытный человек, каким является мистер Гук, рассмотрел мой доклад о преломлениях и цветах, и я очень желаю, чтобы ему передали мою благодарность за его замечания и особенно за его подтверждение моих опытов. Я не сомневаюсь, что у нас общая цель — рассмотреть положение вещей, выяснив, где правда и где ложь без каких-либо других побочных соображений. Будучи уверен в этом, я и пишу ответ на его соображения».

По ходу этих следующих черновиков тон введения все ухудшается. В варианте, который был послан и перепечатан, начальное предложение исчезло, и вместо него появились два других.

«Я уже Вам говорил, что при чтении «Соображений» относительно моей статьи, касающейся *преломлений* и *цветов* мистера Гука, я не нашел ничего такого, на что, по моему мнению, нельзя было бы без затруднения ответить. Но должен признаться, что сразу же по получении этих «Соображений» я был немного озадачен, обнаружив, что человек, от которого я в особенности ожидал бескорыстной и непредвзятой оценки выдвинутой мною теории, так сильно склонен считать ее гипотезой».

Подобные изменения обнаруживаются также и во втором абзаце. «Прежде чем взяться за рассмотрение высказываний мистера Гука,— писал Ньютон первоначально,— следует дать некоторые дополнительные разъяснения. Прежде всего могу его заверить, что я никогда не отказывался от мысли усовершенствовать телескоп с помощью преломления». Окончательный пункт звучит совсем по-иному. «Первое обстоятельство, которое выдвигается, не очень приятно для меня, и я начинаю с него, потому что это именно так. Мистер Гук считает своим долгом сделать мне выговор за отказ от мысли усовершенствовать оптику, используя *преломление*. Но он прекрасно знает, что не дело одного человека предписывать правила для исследовательской работы другому, особенно если не понимать основ, на базе которых он действует». Оскорбительный и даже насмешливый отрывок в окончательном ответе, где Ньютон говорит Гуку о том, как гипотеза Гука могла быть согласована с только что открытым свойством света, и который он заканчивает, называя эту гипотезу «недостаточной» и «неясной», не был включен в первый набросок; ссылка на опыты Гука с комбинацией света различных цветов излагается там в более почтительной форме ²⁶.

Не только тон, но и содержание ответа подвергалось изменению. В своей конечной форме он был специально направлен на те вопросы, которые поднял Гук, и на эти вопросы Ньютон ответил блестяще. Однако первоначально Ньютон намеревался использовать ответ для дальнейшей публикации своей работы по оптике. В первом наброске ответ являлся в основном предисловием к серии из десяти опытов, упомянутых в «*Lectioes Opticae*». Статья, представленная в феврале, была сжатым и до некоторой степени популярным изложением полного трактата Ньютона; затем, очевидно, удовлетворенный тем, как она была воспринята, он готовился представить полное содержание.

И он готовился к представлению материала, который выходил за пределы «*Lectioes*». В конце опыта 8 Ньютон ввел новую тему — явление цветов в тонких пластинках. В письме к Ольденбургу от 21 мая он упомянул об этих наблюдениях.

«Тема этого доклада — явления в пластинках, относительно которых я сначала посредством опытов покажу,

как благодаря своей разной толщине они отражают или пропускают лучи различного цвета, а затем, чтобы полнее понять причины их окраски, я рассмотрю отношения этих прозрачных пластинок к другим естественным телам»²⁷.

Упомянутый материал составляет черновик, может быть первый, к «Докладу о наблюдениях», посланному в Королевское общество в 1675 г.²⁸ Не следует смешивать набросок с черновиком. Из двадцати четырех наблюдений, помещенных в «Докладе» 1675 г., набросок 1672 г. содержит девятнадцать: восемнадцать пронумерованных наблюдений плюс материал, который Ньютон позже обозначил как наблюдение 24. Единственным разделом этого последнего «Доклада», которого нет в раннем наброске, является серия наблюдений над пластинками из вещества плотнее воздуха, в основном над мыльными пузырями. Два предварительных наблюдения 1672 г. над такими пластинками впоследствии дали шесть довольно полно разработанных наблюдений. Размещение материала было частично изменено — в первую очередь тем, что были вставлены некоторые дополнительные наблюдения, — но что касается соответствующих наблюдений, то их словесное оформление было, по сути дела, идентичным, хотя кое-где и были изменены отдельные слова, очень редко — предложения. Эти два наброска, слегка отличаясь по структуре, очень близки по толкованию наблюдений и идентичны по концепциям, приведенным числовым данным, таблицам и в основном по выражениям. Когда Ньютон в конце статьи применил свои выводы для объяснения цветов природных тел, он включил в «Доклад» 1675 г. четыре утверждения, отсутствовавших в наброске 1672 г. (утверждения 1, 6, 8, 9).

Когда в 1675 г. Ньютон послал «Доклад о наблюдениях», он включил туда «Гипотезу, объясняющую свойства света, которые рассмотрены в нескольких моих статьях». В 1672 г. эти две статьи не были разделены. «Доклад» с последующей «Гипотезой» и стр. 519—528 содержат не только ранний набросок «Доклада», но также и начало раннего наброска «Гипотезы». Отделение «Доклада» от «Гипотезы» в 1675 г. объясняет появление дополнительных утверждений в толковании цвета окрашенных тел; все дополнительные утверждения вытекают из «Гипотезы».

«Если бы сейчас моим намерением было (Ньютон завершил «Доклад» в наброске 1672 г.— *Авт.*) высказать предположение о причинах тех свойств, которые я приписал свету, и показать, откуда лучи его могут иметь различные склонности, чтобы возбудить в нас ощущение отдельных цветов и, соответственно, различаться по преломляемости, а также и по отражаемости от пластинчатых тел различной толщины или от частиц различной величины, мне нужно было бы опираться на какую-нибудь гипотезу. Я не могу найти другой гипотезы, которая объясняла бы все лучше той, которую мистер Гук выбрал для меня: а именно, что свет корпускулярен и состоит из мельчайших частиц, испускаемых светящимися телами по всем направлениям»²⁹.

Ньютон полагал, что частицы света имеют разный размер и движутся с различными скоростями. Переходя из одной среды в другую, они отклоняются, т. е. преломляются. Под различными средами Ньютон подразумевал области, где эфир различается по плотности; различия в плотности появляются благодаря присутствию тел, в порах которых эфир реже. Так как преломление света вызывается изменением плотности эфира, то этим же обусловлено и отражение. Если поверхность между областями различной плотности достаточно тверда, она способна повернуть частицы света назад. Ударяясь о поверхность, частицы света порождают в ней колебания; этими колебаниями объясняются явления цветов тонких пластинок. Если частица достигает второй поверхности тонкой пластинки одновременно со сжатием колебаний, возникших в первой, она не сможет проникнуть через нее и будет отражена; если она прибудет во время разрежения, она пройдет через пластинку³⁰. Свет, попадая в глаз, вызывает подобные колебания в флюиде нервов, вызывая ощущения света и цветов. Ньютон высказал мысль, что гармония между цветами зависит от соотношения этих колебаний и подобна музыкальной гармонии. Если частица ударяется о тело, она застревает, и тело, в котором это часто происходит, кажется темным. Именно эфир вызывает притяжение между телами, и его присутствием объясняется застревание частиц. В этом месте манускрипт обрывается на середине предложения в конце стр. 528. Остальной части, какова бы ни была ее длина, нет в оптической рукописи в Add. 3970. Той части,

которая уцелела, однако, достаточно, чтобы показать близкое сходство ее содержания с «Гипотезой» 1675 г.

Тогда, в ответ на критику Гука и под влиянием общей одобрительной реакции на февральскую статью, Ньютон готовился послать в Королевское общество статью большего объема и большей значимости, чем первая. По всей вероятности, ее подготовка была связана с его намерением официально напечатать свой труд по оптике. Но затем он отступил. Он убрал из статьи все, что не касалось непосредственно Гука; он насытил ответ злобой и оскорблениями, что ошарашило и унизило ничего не подозревающего Гука; он покончил с планами опубликовать свои «*Lectiones Opticae*» и начал сомневаться, будет ли разумно опубликовать свои труды по математике. Из этого решения проистекла тридцатилетняя отсрочка публикации его «Оптики» и еще более длительная отсрочка для его математики³¹. Из этого также вытекает первый эпизод долгой и ожесточенной схватки с Гуком.

Легче, конечно, описать изменение, чем определить его причину. Одно все же ясно: причину следует искать больше в сложном характере самого Ньютона, чем в каких-либо побочных обстоятельствах, послуживших лишь предлогом к внешнему проявлению его внутренней напряженности. Ньютону было нелегко выставить свою работу на публичное обозрение. Уже посылка статьи в феврале возбудила в нем много опасений; то, что статья, казалось, была воспринята одобрительно, не успокоило Ньютона в полной мере. По своему характеру он не был приспособлен, чтобы справляться с критикой. Его труд был его жизнью; всякая критика его труда глубоко задевала самую суть его существования. Кое-что из его внутренней напряженности обнаружилось уже в пыле его ответа Пардису. Затем прибыло письмо от Ольденбурга, датированное 2 мая 1672 г. Много писалось о предполагаемой роли Ольденбурга в разжигании вражды между Ньютоном и Гуком. В связи с тем, что это письмо оказалось решающим в начальном эпизоде спора, отрывок, имеющий прямое отношение к нему, требует внимательного рассмотрения. Это письмо содержало новости о высказываниях Кассегрена по поводу телескопа и кончалось упоминанием об ожидаемых ответах Ньютона Пардису, на его второе письмо, и Гуку. «Я такого мнения, что Вы сочтете возможным дать отпор самоуверенным утверждениям этого автора, — писал

Ольденбург относительно статьи Кассегрена, которую он правильно оценил,— так как я склонен верить, что Вы докажете свою теорию света, которой многие сейчас придают больше веса, чем это было раньше. Однако я хочу предложить, чтобы Вы, когда сочтете Ваш ответ Гуку и иезуиту Пардису готовым к печати, не упоминали имена возражающих, особенно если они пожелают этого, а весь упор сделали бы лишь на сами возражения. Членам Королевского общества следует нацеливаться только на открытие истины и усовершенствование знаний и ни в коем случае на то, чтобы поносить людей за их заблуждения или ошибки»³². Нелегко не истолковать эти слова как подстрекание к спору. В своем письме от 4 мая в конце острого ответа Кассегрену Ньютон неохотно согласился на то, чтобы не упоминались имена. Но просьба сделать это, очевидно, сильно задела его. В то время, когда он сам должен был подвергаться критике на виду у всех, те, которые критиковали, почему-то должны были укрываться под щитом анонимности. Он коснулся этого вопроса опять в своем письме от 21 мая.

«Прошло более двух недель с тех пор, как в своем ответе на Ваше последнее письмо от 2 мая я высказал некоторые свои соображения по поводу проекта Кассегрена об усовершенствовании телескопа и по поводу Вашего предположения о том, что, когда будут печататься мои ответы на возражения мистера Гука и отца Пардиса, следует опустить имена возражающих, особенно в том случае, если они этого пожелают. Я уже говорил Вам, что для меня совершенно безразлично, будут ли они напечатаны с упоминанием имен авторов или без этого; меня интересует лишь суть этих возражений без всякого отношения к лицам, высказавшим их. Однако для меня совершенно непонятно Ваше желание опустить имя мистера Гука, так как содержание все равно бы выдало автора возражений, если бы только большая часть их не была опущена и остальное не было бы выражено в новой форме, которая бы не имела никакого отношения к гипотезе цвета, описанной в его «Микрографии». В таком случае они бы стали новыми возражениями и потребовали бы совершенно иные ответы, чем те, что я написал. И я не знаю, следует ли мне огорчать тех, кто ожидает мой ответ на то, что они мне уже прислали»³³.

Ньютон решил послать только часть того, что подгото-

вил. Через четыре дня в письме к Коллинзу он заявил о своем решении не публиковать свои лекции и начал намекать на то, что он может забрать назад также и свои труды по математике.

«Учитывая огромное количество дел, в которые Вы вовлечены, я считаю очень большой любезностью по отношению ко мне Ваше предложение способствовать изданию моих лекций, о которых Вам говорил доктор Барроу. Но сейчас я твердо решил поступить по-иному; учитывая ту незначительную пользу, которую я извлек из прессы, я уже пришел к выводу, что не буду пользоваться своей прежней безмятежной свободой до тех пор, пока не порву с прессой, что, надеюсь, произойдет, как скоро я докажу то, что я уже имею наличным на своем счету. Однако, возможно, я завершу доклад по решению задач с помощью бесконечных рядов, добрую половину которого я написал еще во время последнего рождества, намереваясь сопровождать им свои лекции; но он оказался более объемистым, чем я ожидал, и еще не завершен... Я получаю большое удовлетворение от того, что состою членом такого уважаемого общества, каким является Королевское общество; и я был бы рад сделать все, что могло бы служить ему; но меня беспокоит одно обстоятельство: мне кажется, что я лишен той свободы слова, которой я надеялся пользоваться; но сейчас не могу этого сделать без того, чтобы не обидеть некоторых лиц, которых всегда уважал. Но не в этом дело, ибо не ради себя, не ради выгоды мне приходилось пользоваться этой свободой»³⁴.

Возможно, что не просьба Ольденбурга опустить имена беспокоила Ньютона; в гораздо большей степени его беспокоило стоящее перед ней предложение, в котором чувствовался намек на то, что восторженное сообщение в феврале было обманом. «Я склонен верить, что Вы докажете свою теорию света, которой многие сейчас придают больше веса, чем это было раньше», — писал теперь Ольденбург, и эти слова не очень наводили на мысль об «исключительном внимании» и «необычных рукоплесканиях», о которых он писал в феврале. Во всяком случае письмо к Ньютону от 2 мая вызвало ряд изменений. Как Ньютон сказал Ольденбургу, оно заставило его убрать материал, который сделал бы эту статью одной из самых важных его работ по оптике. Несомненно, наброски направленных Гуку ответов, которые были пересмотрены и

сознательно переделаны в оскорбительные нападки, принадлежат к этому же периоду. В начале спора между Ньютоном и Гуком роль Ольденбурга была примиряющей, направленной на предотвращение острого обмена мнениями, обмена, который в действительности возник. Если порой случалось, что он и разжигал этот спор, то это было случайностью, возникшей от желания сделать как раз противоположное. Была ли тогда вся эта политика случайным результатом, отчасти возникшим из-за бестактности Ольденбурга или, в большей степени, из-за недопонимания со стороны Ньютона? Если с уверенностью судить обо всем этом так, то это бы означало, что ошибочно причина принята за следствие. Если такая маленькая искра вызвала столь большой пожар, то она, должно быть, упала на подготовленный трут. Беспокойство Ньютона по поводу публикации и критики достаточно ясно выражалось в его переписке 1672 г. Порой кажется, что деятельное великолепие Гука было создано для того, чтобы высекать искры из флегматичной гениальности Ньютона. Кроме самих Ньютона и Гука, полемика не требовала никакого постороннего агента.

Свет, который эти события пролили на оптические работы Ньютона, является более важным, чем то обстоятельство, что они осветили источники спора. Они служат подтверждением того (а это вытекает также и из сравнения текстов), что «*Lectiones Opticae*», а не статьи 1672 г., являются основным материалом, который впоследствии был включен в книгу I «Оптики». Вторая часть первоначального варианта лекций (часть I в опубликованных «*Lectiones*») является в первую очередь математической и следует традициям геометрической оптики. Во вводной лекции Ньютон высказывает мысль, что он включил этот раздел для выполнения долга (каким он представляется в его понимании), возложенного на Лукасианского профессора. Ко времени опубликования «Оптики» Ньютон мог свободно убрать те части, которые не имели прямого отношения к центральной проблеме — экспериментальному доказательству его теории цветов. Таким образом, книга I «Оптики» основана только на половине «*Lectiones*», и Ньютон никогда не опубликовал второй половины, за исключением некоторых незначительных отрывков. Большинство концепций, причем самых важных, содержащихся в статье, направленной в Королевское общество в фев-

рале 1672 г., были сформулированы на основе опытов, описанных в раннем варианте «Lectioes» (Add. 4002). Ньютон занимался пересмотром этих лекций, когда Королевское общество настоятельно потребовало, чтобы он послал сжатый вариант своих аргументов. Материал для его ответа Гуку также черпался из «Lectioes». Так как Ньютон не привык для публикации просто переписывать свои прежние работы, ясность его теории света несомненно выиграла от процесса переформулировки для статей 1672 г. Тем не менее эти доклады зависели от «Lectioes»; и когда Ньютон начал составлять книгу I «Оптики», он возвратился к «Lectioes» с их полным комплектом опытов, а не к статьям, посланным в Королевское общество. Книга I является дальнейшим пересмотром «Lectioes Opticae», причем половина использована почти полностью, конечно, с расширением разъяснительных разделов с основательной переработкой материала, но без добавления новых концепций и значительного числа новых опытов. Взять, например, то, что Ньютон в статье 1672 г. назвал «experimentum crucis», и поставил в центре своей аргументации. В «Оптике» этот опыт и не назван таким образом, и не занимает такого важного положения. Здесь он трактуется так же, как в «Lectioes». Существенно отметить в этом отношении и то, что, подобно лекциям, первоначальные наброски книги I были сделаны на латинском языке (конец 1680-х и начало 1690-х годов)³⁵.

События 1672 г. также указывают на то, что к этому времени Ньютон уже завершил основу того, что позже вошло в «Оптику». Книга I непосредственно основана на «Lectioes». Книга II, за исключением части о толстых пластинках, еще теснее основана на «Докладе о наблюдениях» и на элементах «Гипотезы». Оба эти труда в продвинутой стадии подготовки относятся к 1672 г. Только работу над толстыми пластинками и дифракцией и, конечно, «Вопросы», в которых продолжают предположения, высказанные в «Гипотезе», нельзя отнести к 1672 г.

В свете этих выводов поучительно возвратиться опять к очерку из записной книжки Ньютона 1660-х годов. Хотя очерк относится к весьма ранним работам, он содержит в зачаточной форме все основные части оптической работы. В нем есть имеющие отношение к «Lectioes» опыты, которые не были включены в их первоначальный вариант, но вошли во второй³⁶. Опыты с тонким слоем воздуха

между двумя призмами, сжатыми вместе, являлись основанием для «Доклада о наблюдениях», где начальные опыты расположены в таком же порядке, как в записной книжке³⁷. В очерке также дан очень беглый набросок гипотезы света. Рассмотрим в этом отношении «опыты» 55 и 56.

«55. Поверхности стекла не отражают такого большого количества света, если стекло находится в воде, как тогда, когда оно находится в окружении воздуха; чем меньше любые две среды отличаются по преломлению, тем меньше разграничивающие их поверхности отражают свет (это подсказывает, что не поверхность стекла или какого-либо другого гладкого прозрачного тела является отражателем света; причиной этого скорее является различие эфира в стекле и воздухе или в других любых соприкасающихся телах, хотя и части стекла обязательно должны отражать некоторое количество лучей).

56. Порошки из прозрачных тел белые, также белые скопления мелких пузырьков воздуха, соскобы черного и прозрачного рога и т. д.: (из-за большого количества отражающих поверхностей), такими же являются тела, в которых много трещин, или такие, части которых не лежат очень близко друг к другу (как металлы, мрамор, камень *Oculus Mundi* [глаз мира] и др.), [поры которых между их частями допускают большее количество эфира, чем поры в их частях]»³⁸.

Очерк завершается рассуждением о зрении, которое включает другой аспект гипотезы.

«Свет редко ударяется о части плотных тел (что можно видеть по его прохождению через них), отражение и преломление осуществляется из-за различия эфиров, и поэтому воздействие света на сетчатку может заключаться только в возбуждении колебаний; это движение затем либо переносится по оптическим нервам в сенсорную часть, либо порождает другие движения, которые переносятся туда же. Вода слишком груба, чтобы на нее повлияли такие нежные воздействия, а что касается веществ в животных, то, хотя я завязал кусочек оптического нерва в одном конце и подогревал его в середине, чтобы видеть, не появится ли в другом конце при этом какое-нибудь вещество в виде пузырьков, я не мог обнаружить ни малейшего пузырька — выступило только немного жидкости и мозга. Действительно, те кто знают, с какими

трудностями воздух проникает в маленькие поры тел, имеют основание подозревать, что некое летучее тело, более тонкое, чем воздух, может проникнуть легко и без напора (как ему и следует проникать) в мелкие поры мозга и нервов — я бы сказал воды, ибо эти поры заполнены водой,— но если оно могло бы это сделать, то было бы слишком плотным, чтобы *dura mater* и череп могли его удержать, и тогда его можно было бы принять за эфир. Однако недостатком таких веществ является то, что при передаче теряется много движения, особенно между телами различного строения; поэтому оно не может быть доставлено в сенсорную часть так полно, как самим эфиром. У меня не остается ничего другого, как предполагать, что имеются трубки, наполненные чистой прозрачной жидкостью, которые проходят от глаза к сенсорной части, и колебательное движение эфира обязательно будет направляться по ним туда. Ибо ничего не прерывает это движение, кроме отражающих поверхностей, и по той же причине это движение не может проникнуть сквозь отражающие поверхности трубки, а должно продвигаться (подобно звуку в трубе) вплоть до сенсорной части. И зрение, будучи устроено таким образом, многим напоминает ощущение слуха, которое основано на колебаниях»³⁹.

Когда Ньютон приблизительно в конце 1660-х годов составлял этот очерк, он рассматривал как целостные аспекты одной аргументации различные разделы своей теории, которые так и не были опубликованы до тех пор, пока более чем через тридцать лет не вышла в свет его «Оптика». В первоначальной форме ответов Гуку эти элементы тоже даны вместе, составляя единую аргументацию. При рассмотрении двух рукописных вариантов «*Lectioes*» в связи с этими фактами возникает вопрос о прочитанных лекциях. Согласно пометам, сделанным на полях, ранний вариант «*Lectioes*» содержит восемнадцать лекций. Когда Ньютон пересматривал эти лекции, он вставил в ранний вариант два числа: «январь 1669 г.» — в начале первой лекции и «июль 1670 г.» — в начале девятой. Если какая-либо из рукописей содержит действительно прочитанные лекции первых двух серий, то она должна быть более ранней, чем пересмотренная, где числа были проставлены после чтения лекций. В рукописи, послужившей основой для опубликованных «*Lectioes*», имеются четыре даты: «январь 1669 г.» — при первой лекции,

«октябрь 1670 г.» — при девятой, «октябрь 1671 г.» — при четвертой лекции в части II (при девятнадцатой лекции, если считать с начала) и «октябрь 1672 г.» — при четырнадцатой в части II. Эта последняя рукопись, будучи результатом пересмотра, проведенного в 1671—1672 гг., содержит только один расположенный в конце большой раздел, отсутствовавший в ранней рукописи, — «De variis Colorum Phenomenis» («О различных явлениях цветов»). Этот раздел содержит всего семь лекций, из которых четыре расположены в конце серии 1671 г. и три — в 1672 г. То, что в первоначальной рукописи обозначено как лекции 1669—1670 гг. и 1670 г., было просто перенумеровано в три серии. О чем же тогда Ньютон говорил в своих лекциях в 1671 г.? Так как в опубликованной рукописи за 1672 г. даны только три лекции, не является ли эта датировка года неточной? Не исключено, что лекции Ньютона по оптике включали и явления в тонких пластинках, а также гипотезу о свете. Решив не публиковать свой труд, Ньютон, возможно, захотел опустить из рукописи, которая будет сдана в библиотеку, а значит станет доступна открытому обсуждению, те части, которые еще не были оглашены⁴⁰. В этом отношении следует отметить, что нет основания считать, будто лекции Ньютона в том виде, в котором они были прочитаны, являлись для кого-либо открытием. Возможно, он просто хотел избежать работы по дальнейшему переписыванию, когда ему приходилось продолжать работу после переписчика; сданная в библиотеку копия содержит лишь несколько страниц, написанных его рукой. В переписке упоминается о подготовляемой к печати рукописи. Представляется возможным, что в ней содержался том, по существу подобный «Оптике», которая в конце концов увидела свет около тридцати лет спустя.

ПРИМЕЧАНИЯ

- ¹ «The Correspondence of Isaac Newton». Ed. H. W. Turnbull, 3 vols. Cambridge, 1959, v. I, p. 193. Письмо адресовано Г. Ольденбургу.
- ² Библиотека Кембриджского университета, Add. 3975, p. 1—20.
- ³ «Correspondence», I, p. 4.
- ⁴ Дата «январь 1669 г.» (т. е. 1669—1670 гг.) появляется на полях в начале первой лекции в ее рукописной форме (Библиотека Кембриджского университета, Add. 4002, p. 1). Ср. ту же самую дату в пересмотренной рукописи (датировано 9.67).

- ⁵ «...мистер Ньютон (как меня информирует д-р Барроу) намеревается прислать все лекции, которые он прочитал с тех пор, как стал профессором, чтобы здесь их напечатать. Это будут, как он говорит, 20 лекций по диоптрике и несколько по бесконечным рядам с его дополнением к введению Кинкхуйзена...» (Коллинз к Грегори, 23 февраля 1672 г.; James Gregory Tercentenary Memorial Volume. Ed. Herbert W. Turnbull. London, 1939, p. 218). «Незадолго до рождества преподобный д-р Барроу проинформировал меня о том, что Вы заняты расширением Вашего общего метода бесконечных рядов, или квадратур, и подготовкой 20 лекций по диоптрике для печати...» (Коллинз к Ньютону, 30 апреля 1672 г.; «Correspondence», I, p. 146. Ср.: Коллинз к Грегори, 14 марта 1672; *Ibid.*, I, p. 119).
- ⁶ «Читая Ваше письмо, я был удивлен большой заботой, проявленной ради того, чтобы закрепить открытие за мной, от чего до сих пор я получил так мало пользы. Так как Королевское общество соизволило считать, что об этом стоит ходатайствовать, я должен признать, что тут больше его заслуг, чем моих, так как я оставил бы это изобретение необнародованным еще на несколько лет, если бы на сообщении о нем не настаивали члены Королевского общества» (Ньютон к Ольденбургу, 6 января 1672 г.; *Ibid.*, I, p. 88).
- ⁷ Ньютон к Ольденбургу, 6 января 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 80).
- ⁸ Ньютон к Ольденбургу, 18 января 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 82).
- ⁹ Ньютон к Ольденбургу, 29 января 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 84).
- ¹⁰ Ольденбург к Ньютону, 8 февраля 1672 г. (*Ibid.*, p. 107—108).
- ¹¹ Ньютон к Ольденбургу, 40 февраля 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 108—109).
- ¹² (*Ibid.*, I, p. 109).
- ¹³ (*Ibid.*, I, p. 139).
- ¹⁴ Флемстид к Коллинзу, 17 апреля 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 144—146).
- ¹⁵ Пардис к Ольденбургу, 30 марта 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 130—133).
- ¹⁶ Ньютон к Ольденбургу, 13 апреля 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 140—142). Я цитирую английский перевод этого ответа из «Isaac Newton's Papers and Letters of Natural Philosophy», ed. I. Bernard Cohen (Cambridge, Mass., 1958), p. 92.
- ¹⁷ Пардис к Ольденбургу, 11 мая 1672 г. («Correspondence», I, p. 156—158). Я цитирую английский перевод в «Newton's Papers», p. 105.
- ¹⁸ Я цитирую копию, которую Ольденбург переслал Ньютону; Ольденбург к Ньютону, 9 апреля 1672 г. («Correspondence», I, p. 13).
- ¹⁹ Грегори к Коллинзу, 9 апреля 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 120).
- ²⁰ Ольденбург к Ньютону, 2 мая 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 150—151). Ньютон к Ольденбургу, 4 мая 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 153—155).
- ²¹ Гюйгенс к Ольденбургу, 3 февраля 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 89).
- ²² Гук к Ольденбургу, 15 февраля 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 110—114).
- ²³ Гук к лорду Браункеру (?), июнь 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 198).
- ²⁴ Ньютон к Ольденбургу, 2 февраля 1672 г. (*Ibid.*, I, p. 116).
- ²⁵ Наброски ответа находятся в библиотеке Кембриджского университета. Add. 3970.3, ff. 433—447.
- ²⁶ Ньютон к Ольденбургу, 11 июня 1672 г. («Correspondence», I, p. 171—188).
- ²⁷ Ньютон к Ольденбургу, 21 мая 1672 (*Ibid.*, I, p. 160). A. R. Hall. Newton's First Book (I). «Archives internationales d'histoire des

sciences», 13 (1960), p. 39—54, впервые указал на этот отрывок и пришел к выводу, что Ньютон подготовил свои исследования по интерференционным явлениям к весне 1672 г.

- ²⁵ Add. 3970. 3, ff. 519—528. Эти листы были отделены от остального наброска ответа в Портсмутской рукописи. Нет сомнения, что они должны быть вместе. Почерк и чернила на стр. 519—528 полностью соответствуют почерку и чернилам стр. 442 v., где начинается эта тема. Конечно, сравнение почерка — это дело случайностей, но содержание полностью подтверждает сделанный вывод. Введение на стр. 442 v. продолжается до конца страницы, кончаясь ссылкой на «последующие наблюдения»; стр. 519 начинается с «набл.: I». В наблюдении 2 Ньютон делает ссылку на цветные кольца, наблюдаемые в тонкой пластинке воздуха между двумя сжатыми вместе призмами; если призмы медленно поворачивать, они начинают пропускать часть света («и от этого появляется голубая радуга, описанная во втором опыте: так как эта радуга приблизилась к прозрачному месту»).... В опыте 2 из серии опытов в «Lectioes», включенных в черновик ответа, также есть две призмы, расположенные точно таким же образом. «Чтобы наблюдать точнее, — начинается наблюдение 4. — порядок цветов, которые возникают из белых кругов по мере того, как лучи становятся меньше и меньше наклоненными по отношению к пластинке воздуха, я положил вышеупомянутые объективные линзы одну на другую...» Объективные линзы называются «вышеупомянутыми» и во введении на стр. 442. «Большинство наблюдений было сделано с помощью двух объективных линз, одна из которых плоско-выпуклая (для четырнадцатифутового телескопа), а другая большая двояко-выпуклая (для телескопа почти 50 футов)....» Доклад, посланный в Королевское общество в 1675 г. если его не рассматривать в первоначальном контексте, имел другое введение; объективные линзы были описаны в опыте. На стр. 528 Ньютон делает некоторые общие замечания. «Если бы моим намерением сейчас было делать догадки о причинах этих свойств... мне бы приходилось опираться на какую-нибудь гипотезу. И я нахожу, что ни одна так хорошо не объясняет все вопросы, как это делает та, которую мистер Гук выбрал для меня, а именно, что свет корпускулярен и состоит из множества очень мелких тел, испускаемых светящимися субстанциями по всем направлениям». Ссылка на раннюю часть ответа и на критику Гука очевидна; она становится понятной лишь в контексте ответа. Таким образом, стр. 519—528 ясно относятся к черновику ответа Гуку.

- ²⁶ Add. 3970. 3, f. 528.

- ³⁰ Интересное заявление относительно теории приступов отражения и прохождения можно найти в другом черновике «Гипотезы». Поверхности жидкостей, утверждает Ньютон, упругие и плотные. Так, например, поверхность воды может удержать насекомое. «И, я полагаю, подобным образом луч переходит из более плотного эфира в менее плотный; когда лучу остается пройти до менее плотного эфира совсем ничтожное расстояние, слой более плотного эфира между ними можно сравнить с пленкой или скорлупой, и прохождение луча через эту пленку

затрудняется: и там, где эта пленка вследствие колебаний то расширяется, то сжимается, эфир постоянно возбуждается, а пленка попеременно то ослабляется вследствие расширения, то усиливается и уплотняется вследствие сжатия и, соответственно, пропускает и отражает луч. Если отражающая поверхность до того уплотнена, что луч не может проникнуть через нее, то, как только луч потратит всю свою силу, попытается пробить ее, поверхность, вследствие своей эластичности, отбрасывает луч назад подобно тому, как ракетка отбрасывает теннисный мяч, причем с такой же силой, с какой луч ударился о поверхность, и под углом, равным углу падения луча. Но если при приближении луча поверхность находится в состоянии расширения или если она не очень уплотнена и луч может проникнуть через нее, тогда, я полагаю, при переходе луча в другую среду поверхность воздействует на него и прибавляет ему больше или меньше скорости в зависимости от степени разреженности этой среды: ибо чем разреженнее та среда, в которую проникает луч, тем легче он поддается воздействию поверхности. Пользуясь весьма приблизительным сравнением, можно представить воздействие поверхности на покидающий ее луч чем-то подобным воздействию пальцев человека на сливовую косточку или на какое-нибудь другое скользкое тело, когда при сжатии пальцев эта косточка как бы выстреливается» (Add. 3970. 3. f. 476).

³¹ В этом заявлении не принимается во внимание то обстоятельство, что в 1676—1677 гг. несомненно велась какая-то подготовительная работа для публикации по оптике. Ср.: A. R. Hall. Newton's First Book (1).

³² Ольденбург к Ньютону, 2 мая 1672 г. («Correspondence», I, p. 151).

³³ Ньютон к Ольденбургу, 21 мая 1672 г. (Ibid., I, p. 9—160).

³⁴ Ньютон к Коллинзу, 25 мая 1672 г. (Ibid., I, p. 161).

³⁵ Add. 3970, 3, ff. 302, 394—426. Add. 3970. 4, ff. 583—584. Судя по почерку, эти статьи относятся к концу 1680-х годов или к началу 1690-х годов. Содержание указывает на то, что они были написаны раньше опубликованной работы на английском языке и не являются ее переводом. Например, стр. 302 озаглавлена «Opticae Liber primus» («Первая книга оптики»). Она начинается таким же утверждением, какое мы встречаем во вводной части «Оптики», но в ней опущено предложение, следующее за двоеточием, затем сразу же следует переход к «Prop. I, Theor. I» и не упоминаются определения и аксиомы, данные в «Оптике». В «Prop. I, Theor. I» утверждается следующее: «*Lucem unius corporis naturalis esse magis refrangibilem, illam alterius minus*» (Свет от одного природного тела является более преломляющим, таковой [от] другого — менее). Для подтверждения этого приводится тот же самый опыт, который дан в «Оптике». Стр. 304 содержит английский вариант. Утверждение, данное в «Prop. I, Theor. I», переведено на английский язык и изменено. Подробный анализ указывает на то, что латинские тексты были написаны раньше английских. В Add. 3970, 10, ff. 647—648 помещены латинские отрывки из «Оптики», в которых рассматриваются цвета в мыльных пузырях и дифракция. Эти лис-

ты являются единственными ранними листами на латинском языке, не связанными с книгой I, которые мне удалось найти, и изложенный в них материал не включен в «Оптику». Английский перевод этих отрывков, который появился в неизменном виде в опубликованной работе, является дословным переводом с латинского. Латинский перевод Самюэля Кларка связан с оригиналом Ньютона лишь через английский вариант, который является посредником между ними.

³⁶ Например, наблюдения над цветом золотой пластинки и над настоем из *lignum perfricticum*, а также опыт, в котором нить, один конец которой окрашен в голубой цвет, а другой — в красный, выглядит двойной, если на нее смотреть через призму. Также луч, прошедший через сосуд с параллельными стенками, и небо, наблюдаемое в отражении от дна призмы (Add. 3975, p. 1—6).

³⁷ См.: A. R. Hall. Further Optical Experiments of Isaac Newton. «Annals of Science», 11 (1955), p. 27—43.

³⁸ Add., 3975, p. 14—15.

³⁹ Ibid., p. 19—20.

⁴⁰ Пометка библиотекаря в Dd. 9. 67 указывает, что он получил рукопись в 1674 г.

ЛЕЙБНИЦ И КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Возникновение и утверждение «механистической философии», формирование и становление классической механики — здесь мы находимся у истоков науки нашего времени. Лейбница обычно не включают в список тех «величайших», трудами которых создавалась классическая механика, в список, который начинают Галилеем и заканчивают Ньютоном. Однако, как известно, чем крупнее мыслитель, тем в большей мере он в состоянии отразить свою эпоху, с тем большей определенностью он может ставить выдвигаемые ею вопросы и отвечать на них. Со временем, а то и сразу, выявляются слабые стороны его построений, но и они характерны для эпохи. Если, исходя из этого, применять двойной критерий — судить о мыслителе и по тому, насколько полно он представляет свое время, и по тому, что он дал прочно вошедшего в науку, то Лейбниц может претендовать на одно из первых мест в ее истории, в том числе — и в истории механики.

Лейбниц жил в трудное время для своего класса, для своей страны, для разоряемой войнами Европы, проходившей через мучительный этап созревания буржуазного общества в рамках феодализма. И жилось Лейбницу трудно уже хотя бы потому, что он очень многое вместил и многое понял, но тем значительнее его искания, тем глубже его ответы и решения. В сущности, Лейбниц — трагическая фигура. Социально он оказался между бур-

герством и дворянством, он остро воспринимал национальные проблемы, понимая величие интернационализма, в науке он многое видел и начал, не имея возможности добиться законченных результатов, в философии он должен был не столько объяснять, сколько приспособляться. Может быть, потому им сравнительно мало интересовались в несколько однотонную эпоху, притязавшую на полное решение основных вопросов — в XVIII в., поэтому накопилась такая огромная литература о Лейбнице за последние сто лет. И за это время произошел значительный сдвиг в оценках: по Э. Маху, Лейбниц в истории механики почти отсутствует, тогда как в работах последнего времени ему отводится в этой истории все более почетное место*.

Чрезвычайно трудна и до сих пор не решена задача — детально проследить эволюцию философских и научных взглядов Лейбница. Одна из причин — отсутствие полного, по крайней мере достаточно полного собрания законченных и незаконченных работ Лейбница и его огромной переписки. Во всяком случае не подлежит сомнению, что Лейбниц по некоторым проблемам предлагал в разные времена разные решения, менял свою точку зрения. Это относится и к Лейбницу — философу, и к Лейбницу — естествоиспытателю, да иначе и быть не может: обе стороны его деятельности тесно связаны (а он был еще, как известно, математиком, дипломатом, историком, юристом, организатором академий, лингвистом, теоретиком библиотечного дела). Поэтому придется в некоторых случаях указывать на колебания Лейбница между разными подходами, и не всегда мы можем выяснить, какова его окончательная позиция. Этапы, через которые прошел Лейбниц (1646—1716), весьма схематически, таковы. Подростком и в юношеские годы он приобщился к традиционной средневековой философии и науке, хорошо ее знал и впоследствии не отрекался от нее полностью: он считал ценным то, что было сделано в области формальной логики, да и вообще он стремился «строить на пустом месте». Затем Лейбниц познакомился с учением Декарта, с новой «механистической философией» и в годы пребывания в Париже (1672—1676) в

* См., например: R. D u g a s. La Mécanique au XVII siècle. Neuchâtel — Suisse, 1954.

общении с Гюйгенсом овладел результатами и методами физико-математических наук того времени и сделал свои важнейшие математические открытия. Одновременно Лейбниц обдумывает все основные философские и религиозные проблемы своего времени. В последующие сорок лет он прежде всего дипломат и публицист, если судить по затрачиваемому им на это времени, но вместе с тем он и ученый-энциклопедист и философ, создающий свою систему. Для всей деятельности Лейбница характерны отмеченные В. И. Лениным «„лассалевские“ черты и примирительные стремления в политике и религии»*. В «Новых опытах о человеческом разуме» Теофил, излагающий взгляды автора, утверждает, что он уже больше не картезианец, что прежде он зашел слишком далеко, «начав склоняться в сторону Спинозистов, оставляющих богу лишь бесконечное могущество. Не признавая у него ни совершенства, ни мудрости и пренебрегая отысканием конечных причин, они выводят все из слепой необходимости. Но это новое учение исцелило меня от Спинозизма, и с тех пор я иногда присваиваю себе имя Теофила»**. «Новое учение» — это философская система Лейбница, о которой тот же Теофил говорит, что она «соединяет, по-видимому, Платона с Демокритом, Аристотеля с Декартом, схоластиков с современными мыслителями, технологию и мораль с разумом»***. Лейбница можно назвать гением компромисса, и в этом он вполне сын своего времени и своего класса. Немецкое бюргерство оказалось еще слишком слабым, чтобы покончить с феодализмом (английская буржуазия в XVII в. в конечном счете тоже пошла на политический компромисс с аристократией). И в раздробленной, ослабленной междусобищами и войнами Германии XVII в. тяга к примирению, к улаживанию конфликтов, была выражением насущной необходимости. Такой же насущной необходимостью для Германии было овладение тем, чего достигли в науке и культуре ушедшие вперед Англия, где буржуа-

* Из конспекта В. И. Ленина книги Фейербаха «Изложение, развитие и критика философии Лейбница». В кн.; В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 68. См. также: Г. В. Лейбниц и ц. Новые опыты о человеческом разуме (перевод П. С. Юшкевича). М.—Л., 1936, стр. 14—15.

** Там же, стр. 68.— Теофил (*греч.*) — боголюб.

*** Там же, стр. 66.

зия завоевала себе прочное место под солнцем, и Франция, где установление абсолютной монархии дало стране длительную передышку после религиозных войн XVI в. Сознательно и бессознательно Лейбниц с юношеских лет выполнял такой «исторический заказ»: как политик, он искал пути к примирению враждебных группировок внутри Германии и во всей Европе, к созданию условий для «вечного мира»; как религиозный деятель он стремился объединить католицизм и протестантство и отдал этому делу много сил и времени; как ученый он не ограничился исследовательской деятельностью, а стал одним из выдающихся просветителей немецкого народа, добился организации академии наук в Берлине, содействовал развитию техники и промышленности в Германии, следил за всем новым, что появлялось в науке и т. д. Фридрих II сказал о нем примерно то же, что Пушкин о Ломоносове, — Лейбниц один был целым университетом. И Лейбниц был не только гением компромисса; его, деятеля переходной эпохи, отличали также восприимчивость к новому, динамизм, диалектичность мышления. В уже цитированном конспекте В. И. Ленин, надо думать, не случайно сделал такие две выписки из Фейербаха, в которых проводится сравнение систем Лейбница, Спинозы и Декарта. «Мир Спинозы — ахроматическое стекло божества. среда, через которую мы не видим ничего, кроме ничем не окрашенного небесного света единой субстанции; мир Лейбница — многогранный кристалл, брильянт, который благодаря своей своеобразной сущности превращает простой свет субстанции в бесконечно разнообразное богатство красок и вместе с тем затемняет его». И далее: «Следовательно, телесная субстанция для Лейбница уже не только протяженная, мертвая, извне приводимая в движение масса, как у Декарта, а *в качестве субстанции* имеет в себе деятельную силу, не знающий покоя принцип деятельности» *.

За первой выпиской Ленин поставил «(sic!)» — подчеркивая, очевидно, что «кристалл» идеалиста Лейбница хотя многогранен, но «затемняет мир», а по поводу второй выписки он сделал замечание, которое выше было процитировано только частично: «За это, верно, и ценил Маркс Лейбница, несмотря на его, Лейбница, «лассалев-

* В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 67—68.

ские» черты и примирительные стремления в политике и религии».

Сказанное выше делает понятным то, что у Лейбница глубокий и трезвый подход к конкретным задачам физической и математической науки сочетался с неослабевающим интересом к «вечным проблемам» естествознания, к проблемам сущности материи, пространства, времени, движения, стало быть, к основам механики. На подход Лейбница к этим проблемам влияли его общефилософские концепции и его стремление сочетать науку с религией.

Остановимся сначала на последнем пункте. Можно обнаружить некоторые видоизменения в формулировках, применявшихся в разное время Лейбницем, когда он говорил о взаимоотношении науки и религии, в основном же он отстаивал одни и те же взгляды. В статье «Некий общий принцип, полезный не только в математике, но и в физике...» * он писал: «...я не отрицаю, что явления природы и можно и должно объяснять на основе раз принятых положений математически или механически, только не надо пренебрегать восхитительными целями и приемами (*ususque*) упорядочивающего Провидения. Но принципы физики и даже самой механики не могут быть выведены с полнотой (*amplius*) из законов математической необходимости — надлежит для их обоснования (*ad rationem earum reddendam*) частично (*in partes*) призвать высшее разумение. Так благочестие согласуется с рассуждением (*ratio*), и если бы это учитывали Генрих Мор и другие ученые и благочестивые мужи, они меньше бы опасались того, что развитие механической или корпускулярной философии нанесет ущерб религии».

Фактически же «высшее разумение» привлекалось Лейбницем при анализе «принципов физики или даже самой механики» скорее не в роли верховного арбитра, а в качестве весьма сдержанного в своих высказываниях эксперта. Нельзя безоговорочно согласиться с французским исследователем Лейбница И. Белавалем, когда он зачисляет Лейбница заодно с иезуитами и другими церковниками в лагерь тех, кто отстаивал союз теологии с

* «Principium quoddam generale non in mathematicis tantum sed et Physicis utile...» Впервые опубликована Герхардтом в «Leibnizens Mathematische Schriften» (далее цитируется LMS), Bd. VI, Halle, 1860, стр. 129—135. Приводимую ниже цитату см. на стр. 135.

наукой и метафизикой*. Лейбниц не раз заявлял, что науку не следует смешивать с теологией. Он исходил из того, что наука не противоречит теологии, но наука не должна опираться на нее, равно как теология не должна опираться на науку.

Как это выглядело на деле? Выступая против нападок «неверных и безбожников», Лейбниц отстаивает «теологию откровения» ссылками на данные физики, но подчеркивает при этом, что он доказывает не фактическую истинность, скажем, тех или иных чудес, а только их возможность. С другой стороны, применять в науке какие-либо религиозные соображения в качестве аргументации Лейбниц не считал правомерным. Итак, Лейбниц отстаивал как непротиворечивость науки и религии, так и принцип невмешательства науки в религию и религии в науку. И здесь перед нами компромисс. По условиям времени он был более выгоден для науки, обеспечивая ей независимость в ее, так сказать, собственных делах, чем для религии, ибо церковь в конце XVII в. следила за наукой не менее ревниво, чем в начале столетия, и всегда была готова вмешаться в ее дела, так же, как во времена Бруно и Галилея (по обвинению в безбожии казнили и в XVIII в.)

Надо признать, что Лейбниц в своей собственной практике последовательно осуществлял четкое разделение религиозных и научных вопросов. К тому же обрядовая сторона религии оставляла его равнодушным, так что у церковников он был на достаточно плохом счету, — утверждали, что он атеист или, во всяком случае, плохой сын церкви.

Вернемся теперь к вопросу о том, в какой мере метафизика Лейбница определяла его физику и механику. Достаточно полно он сам рассказывает об этом в неопубликованном при его жизни отрывке, в котором говорит о своем отношении к картезианству**. Лейбниц начинает с того, что до сих пор он не напечатал ни одной книги против Декарта, но все же и в лейпцигских «Acta Eruditorum» и во французских и голландских журналах он поместил ряд заметок и статей, в которых сказано о том,

* Ivon Belaval. Leibniz critique de Descartes. Paris, 1960, p. 13.

** Впервые опубликовано в LMS, Bd. VI, p. 98—106; рукопись помечена маем 1702 г.

что его отделяет от картезианства. И самое главное («об остальном пока умолчу»), пишет Лейбниц, «я совершенно других взглядов относительно природы тела (*corporis*) и присущих ему движущих сил. А именно, картезианцы полагают сущность материи только в ее протяженности, я же, хотя не принимаю никакой пустоты, вместе с Аристотелем и Декартом и против Демокрита и Гассенди, и утверждаю, вместе с Демокритом и Декартом и против Аристотеля, что всякое разрежение или сгущение является только кажущимся, все же я считаю, вместе с Демокритом и Аристотелем и против Декарта, что в теле есть, помимо протяженности нечто пассивное, а именно то, чем тело сопротивляется проникновению. Сверх того, я признаю, вместе с Платоном и Аристотелем и против Демокрита и Декарта, что в материи имеется некая активная сила, или энтелехия. И поэтому мне представляется, что Аристотель верно определил основную сущность движения и покоя — не вследствие того, что я считаю всякое тело, если оно не находится уже в движении, побуждаемым к движению или само по себе или каким-либо качеством, каковым является тяжесть, а вследствие того, что я считаю изначальной (*ab origine rerum*) и постоянно присущей каждому телу движущую силу, даже актуальное внутреннее движение. Проявления же движущей потенции и явления, происходящие с телами, считаю в согласии с Демокритом и Декартом и против множества схоластов (*vulgus scholasticorum*) полностью объяснимыми механически — за вычетом самих причин законов движения, каковые (причины) проистекают из более высокого принципа, а именно — из энтелехии, и их нельзя вывести только из пассивной массы и ее видоизменений». После этого Лейбниц разъясняет причины, в силу которых он не видит возможности признать протяженность сущностью природы тел. Помимо трудности представить себе все многообразие различных свойств, происходящим за счет изменений в протяженности, выдвигается еще следующее соображение. Мы говорим, что пространство имеет протяженность так же, как говорим, что время делится или что численность выражается числом. Стало быть, в действительности время ничего добавочного не содержит сверх длительности, а пространство — сверх протяженности, и протяженность есть непрерывное одновременное повторение, так же как длитель-

ность — последовательное. Распределение протяженности (*diffusio extensionis*) таково же, как непрерывное распределение в материи цвета, веса, гибкости и так далее. Таким образом «протяженность является не каким-то абсолютным предикатом, а предикатом, относящимся к чему-то, что прорежено или распространено, и отвлечь это распространение от природы того, что распространено, можно не в большей мере, чем отвлечь число от исчисляемого предмета». Каков же ответ на вопрос о природе того, что своим распространением составляет тело? Материю составляет, «распространяясь», сопротивление (проникновению). Но в теле, по мнению Лейбница, должно быть нечто отличное от пассивной материи. И этим не может быть что-либо отличное от динамики (*ἐν τῷ δυναμικῷ*) или присущего материи начала изменения и инерции (*perseverationis*). Поэтому наука физики пользуется основами двух математических наук, которым она подчинена: геометрии и динамики. Геометрия, или наука о протяженности, в свою очередь подчинена арифметике, ибо в протяженности имеем повторение или множество. Динамика же подчиняется метафизике, которая трактует о причине и действии».

Последнее утверждение — «динамика подчиняется метафизике» — требует некоторых разъяснений. Метафизика в данном случае, в соответствии с обычным в те времена словоупотреблением, равнозначна философии. Так, Фонтенель в своем похвальном слове Лейбницу сказал о нем: «Он был метафизиком, и как могло быть иначе — у него был слишком универсальный ум»*. И Лейбниц, говоря о подчинении метафизике, имел в виду, что надо руководствоваться некоторыми общими принципами философского или, можно сказать, эпистемологического характера. К ним он относил и положение (бывшее для него основным и в изысканиях, относившихся к его плану «Универсальной характеристики»), что из некоторого числа исходных простых понятий можно составить любые сложные понятия и по соотношениям между простыми понятиями можно сделать правильные заключения относительно сложных понятий. В соответствии с этим при исследовании явлений природы надо исходить из очевидных и установленных фактов относительно

* Fontenelle. Oeuvres, t. V. A la Haye, 1731, p. 40.



ГОТФРИД ВИЛЬГЕЛЬМ ЛЕЙБНИЦ
(1646—1716)

простейших явлений, и это позволит дать объяснение более сложных явлений, не прибегая к новым исследованиям и не используя добавочных допущений.

Эта методика перед нами в первом же произведении Лейбница на тему из области естествознания: «Новая физическая гипотеза, согласно которой причины многих явлений сводятся к некоему единственному общему движению, наличие которого предполагается в земном шаре, причем не отвергаются взгляды ни последователей Тихо де Браге, ни последователей Коперника» (1671 г.)*. Это произведение состоит из двух частей: «Теории конкретного движения» и «Теории абстрактного движения», иначе — «Общие основания движения, не зависящие от ощущений и явлений».

В первой части Лейбниц исходит из того несомненно-го факта, что все небесные тела вращаются, каждое —

*¹ LMS, Bd. VI, p. 17—80.

вокруг своей оси, и сопоставляет его с другим фактом — с тем, что Солнце излучает свет. Это действие Солнца называется во всем пространстве, что нельзя себе представить без допущения среды, передающей такое действие, — эфира. Эфир — всепроникающее вещество, он есть везде, он участвует в движении света, свет же должен участвовать во вращательном движении своего источника — Солнца. Отсюда вывод, что эфир находится во вращении, его частицы движутся по круговым траекториям, они увлекают за собой другие небесные тела. Это объясняет движение последних вокруг центрального тела. К движению эфира, передающемуся более или менее мелким частицам вещества*, сводятся магнитные и электрические явления, упругость, распространение и света, и звука, химические процессы. Все это составляет содержание первой части. Вторая часть состоит из: 1) определений (что такое прикосновение тел, увлечение одного тела другим, линия движения и т. д.), 2) принимаемых без доказательства основных положений (например, «в континууме части существуют актуально, против чего высказывался острейший ум Фома Аквинский»), 3) теорем (только в словесной формулировке и без доказательств), 4) проблем (формулировка различных частных вопросов относительно движения тел при соударении и т. п., с указанием ответа), 5) заключительных замечаний. Нет формул, нет математических доказательств, но 24-летний Лейбниц демонстрирует свою эрудицию, упоминая многих древних и новых авторов, в числе последних — Гюйгенс, Рен, Декарт, Гоббс, Бойль, Гельмонт, Кирхер, Гук, Парацельс, Галилей, Оноре Фабри, Гассенди, Валлис, Борелли, Торричелли, Кавальери, Юнгий и др.

«Теория абстрактного движения» содержит анализ континуума, который проводится в духе геометрии неделимых Кавальери. Попытка Гассенди разъяснить характер переменного движения путем введения промежутков покоя не может приблизить нас к цели. Пусть движение имеет зернистую структуру, но его зерна снова представляют собой движения, и мы оказываемся перед исходной

* Лейбниц пишет о «бесчисленных шариках, отличающихся размерами и плотностью», и называет их семенами вещей, носителями видов, сосудами для эфира, и к ним относит все наблюдаемое разнообразие предметов и их движений.— LMS, Bd. VI, p. 23—24.

проблемой. Поэтому движение надо считать непрерывным, и возникает проблема совместить представление о непрерывности, допускающей неограниченную делимость, с таким понятием, как начало движения, начало промежутка времени, край тела. Приходится вводить неделимые компоненты пространства, времени, движения и принять, что по своей природе они отличаются от того континуума, к которому они относятся. Лейбниц приходит к выводу, что надо оперировать с этими «неуказуемыми» сущностями — точками, мгновениями, а также «стремлениями». «Стремление» (*conatus*) — это сочетание «неуказуемой» длительности с «неуказуемым» расстоянием, это, так сказать, зародышевое движение. «Конатус» — понятие и термин — взяты у Гоббса, это нечто очень близкое к бесконечно малому движению. Если принять, что время течет равномерно, то «конатус» есть бесконечно малое движение, которое можно считать осуществляемым с постоянной скоростью и прямолинейно так, чтобы за тот же бесконечно малый промежуток времени осуществить бесконечно малое перемещение, которое соответствует реальному движению.

У Гоббса Лейбниц встретил и тот воспринятый им принцип, что причиной движения тела может быть только смежное с ним и движущееся тело — никакого действия на расстоянии! (Декарта в то время Лейбниц знал довольно неполно). Значит, передача движений происходит при соударении тел. Построить теорию на понятии конатуса, понятии чисто кинематическом, к чему стремился Лейбниц, означало исключить из рассмотрения массы тел, оценивать силы только с помощью скоростей.

В «Теории абстрактного движения» нет понятия массы. Пожалуй, почти все формулируемые там теоремы о соударениях в общем случае, т. е. для тел любых и разных масс, не верны. Лейбниц не мог не увидеть, что его механика зашла в тупик. Из этого тупика он искал выхода в углублении анализа движения, как такового, и в поисках правильной меры для того, чем обмениваются тела при соударении, для того, что определяет эффект тела при ударе о препятствие. Первая проблема была философской, вторая — физической. Между ними вклинивалась проблема математическая, проблема рационального описания движения.

В обеих академиях, которым адресовал Лейбниц «Новую физическую гипотезу», она была принята в достаточной мере доброжелательно и обеспечила ее автору внимание ученого мира Англии и Франции. Математики и естествоиспытатели, не знакомые с юношескими работами Лейбница по логике и юриспруденции, вряд ли могли заметить те особенности метода, о которых мы говорили выше. В этой ранней работе Лейбниц еще не отмежевался от Декарта, и материя у него еще была без деятельного начала (силы), в котором многие из его современников усматривали воскрешение средневекового аристотелианства. В «Новой физической гипотезе» Лейбниц, конечно, начинающий автор и впереди еще были те годы ученичества в Париже, когда он стал законченным мастером.

Если философы, пишущие о Лейбнице, часто опускают то, что относится к математике (реже — то, что относится к физике), то естествоиспытатели, говоря о Лейбнице, склонны опускать или упускать то, что у Лейбница неотделимо от его физико-математических идей — анализ принципиальных понятий. Мы рассмотрим эволюцию взглядов Лейбница как исследователя движения в парижский период его жизни, следуя, в основном, Костабелю*.

В 1672 г. Лейбниц приехал в Париж, стремясь побольше узнать и извлечь из общения с научными кругами, однако не собираясь поступаться выработанными им принципами. Для последователей Декарта понятным было то, что ясно воспринимается, и такой гносеологический постулат оставлял место для интуиции. Лейбниц же был рационалистом, для которого понятие означало исчерпывающим образом проанализировать, при каких условиях реализуются используемые понятия. Это различие между картезианским и лейбницевским рационализмом сказалось в дискуссии Лейбница и Мальбранша. Лейбниц принимал положение Декарта, что материя тождественна протяженности, но хотел получить у Мальбранша доказательство этого фундаментального тезиса. Мальбранш мог предложить такую аргументацию: пустое пространство нельзя себе представить; понятие пространства включает в себя представление о составляющих пространство частях, следовательно, эти части делимы, стало

* P. Costabel. Leibniz et la dynamique. Les textes de 1692. Paris, 1960.

быть, они подвижны, а раз они подвижны — они материальны. Для Лейбница такое рассуждение не исчерпывало проблемы. Как он заявил Мальбраншу, для него все, что может быть образовано, связано с чем-то внешним по отношению к тому, что образовало, оно имеет, как выражался Лейбниц, внешний реkvизит, содействовавший его формированию или становлению. Анализ Мальбранша должен быть дополнен доказательством, что у таких сущностей, какими являются части пространства, нет подобного реkvизита, иначе эти сущности нельзя признать первичными. Но пространство разделяется, скажем, на две части движением некоторого тела, следовательно, эти части имеют свои реkvизиты. Отсюда следует, что эти части не являются абсолютными сущностями, понятие о них не является ни простым, ни первичным.

Таков был отрицательный результат философской учебной работы Лейбница в Париже. Иначе дело обстояло с математической учебной работой. Тут Лейбницем руководил Гюйгенс, и эти занятия привели Лейбница и к открытию, и к «озарению».

В Париже Лейбниц открыл основы анализа бесконечно малых. Он избавился благодаря этому от необходимости пользоваться непротяженными неделимыми при вычислениях в области бесконечно малых. Отношения и пропорции оказались приложимыми в этой области, как и в области конечных величин, в соответствии с духом математики, как ее понимал Декарт, — этой науки об отношениях. Был найден вполне рациональный метод, позволяющий разобраться в том, как реально получаются величины, и ничего общего не имеющий с некорректными приемами Кавальери. При этом нет нужды разбираться в трудностях, связанных с неограниченной делимостью континуума и существованием непротяженных неделимых. Лейбниц, став математиком, может сохранить термин «конатус», так как, пользуясь им в математике, он не должен материализовать это понятие, считать его реально существующим. Для того чтобы использовать «конатус», надо истолковать его как отношение бесконечно малого расстояния к бесконечно малому времени, т. е. как скорость равномерного движения, эквивалентного рассматриваемому движению в течение бесконечно малого промежутка времени. «Озарение», которым сопровождалось открытие анализа у Лейбница, состояло в том, что нет необходимости окончательно разрешить трудные философские проблемы, чтобы пра-

вильно вычислять. У Гюйгенса следование принципам картезианской физики сочеталось с подходом «вычислителя», и это нашло полный отклик у Лейбница. Поэтому Лейбниц признавал за Гюйгенсом ту заслугу, что тот первый очистил учение о движении «от каких бы то ни было паралогизмов». «С помощью Гюйгенса, — пишет Костабель, — Лейбницу не только открылся секрет теоретической мощи математики, но для него стало также привычным рассматривать ее применения в науке о движении»*.

Как мы уже говорили выше, это не снимало для Лейбница философского аспекта проблемы движения. Он подходил к этой проблеме так же, как к проблеме физической, и располагал, отчасти благодаря Гюйгенсу, всеми достоверными данными, которые были получены к тому времени в результате исследования явлений удара. Поэтому он мог пересмотреть свой первоначально умозрительный подход к механике. В 1689 г. Лейбниц писал, что когда он признавал по отношению к материальным предметам только *iurisdictio imaginatio* (буквально — законодательство воображения), то он полагал, что тела не могут иметь естественной инерции, приписывал материи только протяженность и непроницаемость, не видел в движении ничего, кроме изменения места, и т. д. Критикуя свое собственное следование «юрисдикции мысли», Лейбниц отказывался от узко рационалистического подхода и к проблемам физики, и к проблемам философии. И относящееся к этому времени введение Лейбницем понятия живой силы — результат целенаправленного поиска, основанного и на критическом пересмотре общих положений картезианства, и на учете данных физической науки, и на глубоком анализе философских проблем науки о движении, который не позволил удовлетвориться ответами описательного характера.

Насколько глубже стал у Лейбница анализ проблем, связанных с движением, после парижского периода, показывает написанный в 1876 г. диалог под названием «Пакидий Филарету» (он опубликован впервые, в извлечениях, Герхардтом в 1888 г.**, полностью — Кутюра в 1903 г.***). В диалоге одним из собеседников выступа-

* Там же, стр. 11.

** I. G. Gerhardt. Archiv für Geschichte d. Philosophie, Bd. I, 1888, S. 211—215.

*** L. Couturat. Opuscules et fragments inédits de Leibniz. Paris, 1903, p. 594—627.

ет Харинус, которого можно охарактеризовать, судя по отдельным замечаниям, как представителя практики — военного инженера. Харинус заинтересовался «строгой наукой» о движении, незнанием или отсутствием которой он объясняет свои неудачи при конструировании машин. Ему нужна наука о движении, которая связала бы материал с формой, теоретическое рассуждение — с практикой. От Пакидия (Лейбница) Харинус требует, в сущности, «настоящей» теоретической механики, отвергая неопределенную аналогию между геометрией и физикой, на которую указывал ему Пакидий. Последний уточняет свою позицию: геометрия — не что иное, как логика в математическом воплощении, фономия (наука о движении) — логика в физическом воплощении. И та, и другая наука — только результат применения общего учения об основных положениях к опосредствованной природе — к фигурам, к телам бранным и переходящим. Уточнив таким образом свой общий подход, Пакидий, в свою очередь, ставит вопрос перед собеседником — что такое движение?!

Первый ответ традиционен: движение есть перемена положения и воплощается в движущемся теле. Но (Пакидию) такое определение неясно. «Перемена положения» может означать либо простой переход тела из одного места в другое, либо новое состояние тела. В первом случае достаточно измерить пройденный промежуток. Однако в действительности фономия занимается прежде всего тем, какие препятствия движению возникают, за какое время оно происходит, как расчленяется на промежутки траектория тела. Во втором случае, т. е. когда движение означает переход в другое состояние, эти состояния не могут, очевидно, перекрываться во времени, т. е. иметь тот общий момент, когда происходит переход от предшествующего состояния в последующее. Поэтому приходится допускать непрерывность перехода.

Но введение непрерывности связано с новыми затруднениями. Для начала рассмотрим переход точки из одного положения (A) в другое (B). Точке надо пройти все промежуточные положения, и тут уже возникают затруднения с бесконечностью и с актуальной достижимостью предельного положения. Пакидий не может уйти от вывода, что непрерывность движения несовместима с его расчленением на статические состояния, но если отбросить представление о таких остановках, то неизбежен вывод: тело

движется, потому что начало двигаться, и будет двигаться, потому что оно движется сейчас, т. е. движение оказывается всегда бесконечным и вечным. Где выход? Его предлагает Харинус: надо считать движение состоящим из пар мгновенных существований в весьма близких положениях. Можно сказать: «Теперь нечто движется», но при условии понимать под «теперь» сочетание двух весьма близких мгновений. Непрерывное движение представляет собой набор таких пар, пространство приходится рассматривать как агрегат точек, время — как агрегат мгновений. Пакидий (Лейбниц) приходит поэтому к взгляду на континуум, как на нечто делимос, подобно тому как непрерывное движение распадается на сочетания точек и мгновений.

С другой стороны, допущение актуальной делимости континуума приводит к затруднениям и парадоксам, которые были хорошо известны Лейбницу и изложение которых мы находим, в частности, у Галилея в Первом дне знаменитых «Бесед и математических доказательств...» Мы попадаем в «лабиринт континуума», как выражались в то время. Один из участников диалога заявляет (формулируя, видимо, мнение Лейбница), что «ни Аристотель, ни Картезий, ни Галилей не смогли развязать этот узел: первый его замаскировал, второй отступил от него, отчаявшись в успехе, третий только оборвал его». Итак, мы снова в тупике.

Теперь уже Пакидий предлагает выход. Сопоставим положения, принятые как бесспорные: тело было в положении *A*, оказалось в положении *B*, это движение надо рассматривать как сочетание двух «статических существований» без промежуточных положений и без промежуточных мгновений. Изменение места есть действие, но ни в *A*, ни в *B* тело не действует. Поэтому то, что движет тело, не в нем содержится, а является действующим началом, принадлежащим некоей высшей сфере. Эту движущую силу, по Лейбницу, надо называть богом, а движение тела — это его аннигиляция в *A* и его воскрешение в *B* — то, что можно назвать, как выражается Пакидий, «прекраснейшим термином претворения» (транскреация).

Оставим в стороне теологическую оболочку, заметим только, что меньше всего могла удовлетворить или порадовать ортодоксальных теологов причастность бога к каждому движению, ко всем механическим процессам, подчи-

нящимся вместе с тем вполне определенным закономерностям. Идеино это весьма близко к пантеизму; с другой стороны, такое решение вопроса вызывает возражение, которое много позже Лейбниц адресовал ньютоонианцу Кларку: Кларк, вслед за Ньютоном, допускал прямое и направляющее вмешательство бога в природные процессы, и Лейбниц иронически замечал, что «машина бога, по мнению этих господ, настолько несовершенна, что от времени до времени он должен ее чистить посредством чрезвычайного вмешательства и даже исправлять ее, как исправляет свое изделие часовщик»*.

Во вводимых Лейбницем понятиях есть нечто родственное представлениям современной физики (квантовой механики), но это сопоставление чисто внешнее, так как слишком далек от современности запас тех сведений, которыми располагал Лейбниц. Замечательно то, что Лейбниц, в отличие от своих прославленных предшественников и современников, с наибольшей глубиной и остротой (речь идет о науке XVII в.) провел анализ противоречий, связанных с представлением о движении, рассматривал движение неотрывно от материи и искал выхода из затруднений, вводя какие-то процессы преобразования материи, как составную часть движения. В таком подходе действительно можно видеть предвосхищение концепций современной физики. Кроме того, в этом раннем диалоге видны истоки более поздних философских установок Лейбница в их наиболее ценной части: анализ понятия движения приводит Лейбница к признанию взаимозависимости материи, пространства и времени (а не только материи и пространства), к наделению материи неотрывным от нее деятельным началом.

Мы должны теперь еще раз обратиться к понятиям пространства и времени у Лейбница в той мере, в какой это имеет отношение к его механике. Многократно возвращаясь к проблеме пространства и времени, Лейбниц прошел сложный путь. В ранних заметках, относящихся к 1668 и 1669 гг., мы находим заявление, что пространство есть субстанция, отдельная фигура — нечто субстанциональное. Приводится и доказательство: всякая наука трактует о субстанции, а что геометрия — наука, отрицать не приходится. Время же есть не что иное, как величина

* См.: «Полемика Г. Лейбница и С. Кларка». Перевод, вступ. статья и примеч. В. Сви́дерского и Г. Кре́бера. Л., 1960, стр. 37.

движения. А так как всякая величина есть число своих частей, то что удивительного, риторически спрашивает Лейбниц, в определении Аристотеля времени как числа движения. В таких формулировках еще нет оригинального, они, в частности, согласуются с механикой и физикой Декарта.

Позже Лейбниц не удовлетворяется, как мы видели, трактовкой пространства у Декарта и приходит, если иметь в виду философскую сторону вопроса, к взгляду на пространство, как на понятие вторичное по отношению к понятию «положение», и определяет его как порядок положений. Аналогично время определяется как порядок по отношению к последовательным положениям. Итак, в мире наблюдаемого пространство — порядок сосуществующих, время — порядок последовательно существующих явлений. Для механики и физики это означает, что пространство есть нечто относительное, и то же относится ко времени. В философском аспекте это нельзя считать последней фазой в эволюции взглядов Лейбница. В. Гент * выделяет еще одну фазу, когда Лейбниц трактует пространство и время как нечто первичное. Однако это, видимо, не отразилось на анализе проблем механики — в механике Лейбниц оставался релятивистом. И его стремление последовательно придерживаться релятивизма в механике сделало его участником нескольких интереснейших эпизодов ее истории.

Прежде всего, независимо от результатов анализа движения, как такового, из признания относительности пространственных отношений вытекало признание относительности всякого движения: движение любого тела есть его движение по отношению к другим телам. И тут, как мы увидим, начинались затруднения. Относительность пространства отстаивалась Лейбницем до конца его дней и этот пункт представлялся ему вполне ясным. В полемике с Кларком, выступавшим в роли адвоката абсолютно-го пространства (по Ньютону), этого «чувствилища божьего», Лейбниц занимал более сильную позицию. Он разъяснял своему оппоненту:

«Пространственные представления вырабатываются у людей примерно следующим образом. Они наблюдают

* W. G e n t. Leibnizens Philosophie der Zeit und des Raumes. Kantstudien, Bd. XXXI, 1926, H. 1, S. 71—72.

различные вещи, существующие одновременно, и находят в них определенный порядок сосуществования... Это их взаимное расположение или расстояние... Если предположить, что среди сосуществующих тел имеется достаточное число таких, которые не испытывают никакого изменения по отношению друг к другу, то о телах, вступивших к этим твердым элементам в такое отношение, которое раньше было присуще другим телам, можно сказать, что они сейчас находятся на месте этих других. Но совокупность всех этих мест называется пространством. Это показывает, что для образования понятия места и, следовательно, пространства достаточно рассматривать эти отношения и правила их изменения без необходимости представлять себе здесь абсолютную реальность вне вещей, расположение которых рассматривается*. На языке более привычном теперь для нас тезис Лейбница формулируется, очевидно, так: физический смысл имеет только отношение положения тел к определенной системе координат (системе твердых тел, сохраняющих взаимное расположение). Объективирование этих отнесений — идеальный процесс абстрагирования, но за такой абстракцией не стоит что-либо реальное. Лейбниц подробно разъясняет этот важный для него пункт. Предположим, что (пространственное) отношение тела B к телам («твердым элементам») C , D , E ,... целиком совпадает с отношением, которое A имеет в своем сосуществовании к ним. «Если дать что-то вроде определения, то *местом* является то, что для A и B одинаково...» Однако «отношение A к фиксированным телам не точно и не индивидуально тождественно с тем отношением, которое B , вступающее на его место, будет иметь к тем же фиксированным телам. Эти отношения лишь подобны. Ибо два различных субъекта, например A и B , не могут иметь одинаковое индивидуальное качество... Но дух не доволен этим подобием, он ищет тождество, вещь, которая была бы поистине одной и той же, и он представляет ее себе как будто существующей вне этих объектов; вот это-то здесь и называют местом или пространством. Оно, кстати, может быть только идеальным...»** И дальше Лейбниц приводит примеры «о привычке нашего духа к свойствам, имеющим место только в самих субъектах,

* «Полемика Г. Лейбница и С. Кларка», стр. 78.

** Там же, стр. 78—79.

мысленно добавлять что-то, соответствующее им вне субъектов». В силу этого и руководясь аналогиями, «воображают себе места, следы, пространства, в то время как все эти вещи имеют свое существование лишь в истинности отношений, но отнюдь не в какой-то абсолютной реальности» *.

С переходом к вопросу об относительности движения соотношение сил в полемике Лейбниц — Кларк явно меняется (конечно, потому, что за Кларком стоит Ньютон). Лейбниц должен отстаивать относительность всякого движения, т. е. доказывать, что нельзя дать критерий абсолютности какого-либо движения. Этот вопрос в связи с «Началами» Ньютона уже обсуждался Лейбницем в переписке с Гюйгенсом в 1694 г. Гюйгенс напомнил Лейбницу сомнения, высказанные последним: в годы пребывания в Париже Лейбниц, изучая Декарта, был смущен его релятивизмом, ему казалось нелепым, что нет «действительного» движения, что движение может быть только относительным. Но, продолжал Гюйгенс, относительность движения надо считать установленной, и «меня не смущают рассуждения я опыты Ньютона в его «Началах», я знаю что он ошибается...» **

Отвечая, Лейбниц напомнил Гюйгенсу, что тот в свое время, как и Ньютон, считал возможным рассматривать круговое движение как абсолютное. Лейбниц соглашался, что кинематическая относительность всегда имеет место. Но каждое движущееся тело имеет какую-то «степень движения или, если угодно, силы, несмотря на эквивалентность гипотез» ***. И поэтому справедливо следствие, что не все сводится к геометрии, надо признать еще нечто высшее — силу. И Ньютон, принимая «эквивалентность гипотез» в случае прямолинейных движений, полагает, что усилия, развиваемые вращающимися телами в направлении от оси вращения, выявляют их абсолютное движение. Мы видим здесь Лейбница в роли защитника взглядов Ньютона против Гюйгенса, но защитника, так сказать,

* Там же, стр. 80.

** Мы ссылаемся тут и ниже на письма: Гюйгенса Лейбницу от 29 мая; Лейбница — Гюйгенсу от 12/22 июня; Гюйгенса — Лейбницу от 24 августа и Лейбница — Гюйгенсу от 4/14 сентября 1694 г. См.: LMS, Vd. II, p. 173, 179, 189, 193.

*** Речь идет о том, что безразлично, считать ли, что тело A движется относительно B или наоборот.

поневоле. Впрочем, он тут же говорит о наличии у него оснований полагать, что «ничто не нарушает общего закона эквивалентности», но каковы эти основания, — об этом ни слова ни здесь, ни в дальнейшем. И когда Гюйгенс в следующих письмах подтвердил свою последовательно релятивистскую позицию, указав, что он нашел настоящее ее обоснование сравнительно недавно, Лейбниц поспешил его опять заверить в том, что считает «все гипотезы эквивалентными» и что если он, Лейбниц, приписывает определенные движения определенным телам, то только на том основании (и другого основания быть не может), что такое допущение проще остальных. Но и на этот раз Лейбниц не привел никаких аргументов, как не привел их и Гюйгенс *. Не привел он их и спустя двадцать с лишним лет, когда вступил в полемику с Кларком. Кларк (в четвертом письме) безоговорочно заявил, что Ньюто́ну в результате рассмотрения свойств причин и следствий движения удалось показать различие между реальным движением и относительным, доказать это «в математической форме и на основе действительных действий природы. ...Простое утверждение обратного не является ответом на это». И Лейбниц (пятое письмо Кларку), хотя и повторил, что не находит у Ньютона доказательств реальности пространства самого по себе, тем не менее должен был признать различие между абсолютным (истинным) движением тела и простым изменением его положения по отношению к другому телу. «Ибо если непосредственная причина изменения заключена в самом теле, то оно действительно находится в движении и тогда, следовательно, изменится положение других тел по отношению к нему, хотя причина этого изменения не лежит в них самих» **. Таким образом, Лейбниц не смог и не мог отстоять динамическую относительность против Ньютона.

* В бумагах Гюйгенса в 1920 г. было найдено его опровержение абсолютности вращательного движения. Оно сводится к замечанию, что вращательное движение, например диска, состоит в относительном движении его частей, которые сами по себе двигались бы в разные стороны, но удерживаются вместе скрепляющей их связью. Однако это не решает вопроса, так как и в системе координат, вращающейся с диском и по отношению к которой последний, следовательно, неподвижен, центробежные силы остаются. См.: H. Reichenbach. Die Bewegungslehre bei Newton, Leibniz und Huygens. Kantstudien, Bd. XXIX, 1924, S. 434—438.

** «Полемика Г. Лейбница и С. Кларка», стр. 82.

Дискуссия по этому вопросу была возобновлена только через полтора столетия.

Понятие массы у Лейбница играет различную роль в различных, так сказать, контекстах.

В годы перед пребыванием в Париже Лейбниц в философском плане различал первичную и вторичную материи и приписывал первичной только протяженность и непроницаемость (вместо последнего термина он употреблял слово «антитипия»), называя ее собственно массой. Выражение «материя» обозначало тогда у Лейбница всевозможные разновидности субстанций. В сущности, таких взглядов Лейбниц придерживался и в дальнейшем, но терминология менялась: первичную материю с указанными выше свойствами он называл латинским словом *moles* (примерно «громада»), вторичную материю — массой. Со вторичной материей мы переходим в область механики и физики, к протяженности и непроницаемости добавляется понятие об инерции, об инертной массе тела, без чего нельзя получить правильные законы соударения тел и движения тел вообще. Именно такая вторичная материя наделяется Лейбницем деятельной силой, тогда как первичной материи, которая представляет собою еще нечто неполное, «голую материю», такое деятельное начало не присуще, она пассивна*. Как же определяется масса тела в механике Лейбница? В соответствии со сказанным выше ее надо и можно определить опытным путем при соударении тел (конечно, определены будут отношения масс различных тел друг к другу).

Однако вполне последовательным в этом вопросе Лейбниц не был. М. Яммер обратил внимание на то, что в работе «Динамика», которую Лейбниц начал писать в 1689 г. в Риме, зная о содержании «Начал» Ньютона по дошедшей до него рецензии на эту книгу, определение массы дается по Ньютону: «Массы движущихся тел относятся друг к другу так, как их объемы и плотности, или как протяженность и интенсивность материи»**.

Но отсюда не следует делать вывод о полном принятии Лейбницем (хотя бы в «Динамике») взглядов Ньютона

* Так высказывался Лейбниц и в 1710 г. в «Письме к Вагнеру об активной силе тела». См.: Leibniz. Opera philosophica. Ed. Erdmann, Berlin, 1840, pars I, p. 466.

** M. Jammer. Concepts of mass. Cambridge (Mass.), 1961, p. 79.

на массу: пропорциональность инертной массы и тяжелой массы Лейбниц, отвергавший теорию тяготения Ньютона, мог не принимать. Действительно, в последний год жизни Лейбниц в полемике с ньютоном Кларком подчеркивал различие между тяжелой материей и «материей в абсолютном смысле»...

Например, ртуть «в самом деле содержит приблизительно в 14 раз больше материи, чем вода того же объема, но из этого не следует, что она в абсолютном смысле содержит в 14 раз больше материи. Напротив, вода содержит материи столько же, но при условии считать вместе как ее собственную тяжелую материю, так и иную, проникающую через ее поры, не тяжелую материю. Ибо и ртуть и вода являются массами тяжелой материи со сквозными отверстиями, через которые проникает большое количество материи без тяжести, не оказывающей чувственно воспринимаемого сопротивления. Сюда, очевидно, относится материя лучей света и других нечувственных сред и прежде всего той среды, которая сама причиняет тяжесть, пригоняя при удалении от центра более крупные тела к нему» *.

Последняя фраза содержит указание на другое расхождение с Ньютоном, связанное с теорией тяготения. В сущности в этом вопросе оно было мнимым: Ньютон сам стремился найти механическую схему, которая объясняла бы тяготение каким-то непосредственным взаимодействием. Только потому, что Ньютон не смог добиться успеха на этом пути, он сформулировал свой закон так, как если бы тяготение действовало на расстоянии, хотя действие на расстоянии Ньютон отвергал (см. в этом сборнике статью Л. Розенфельда). Но все это было неизвестно его оппонентам, а среди ньютономцев даже первого поколения уже находились люди, принимавшие безоговорочно *actio in distans*. Имея в виду как их, так и самого Ньютона, Лейбниц продолжал: «...было бы странным заблуждением, если бы всей материи придавали тяжесть и считали бы ее действенной по отношению ко всякой другой материи, как если бы все тела взаимно притягивались в соответствии со своими массами и расстояниями, т. е. обладали бы именно притяжением в собственном смысле, которое нельзя сводить к результатам скрытого толчка тел. Тяго-

* «Пolemика Г. Лейбница и С. Кларка», стр. 75.

тение чувственно воспринимаемых тел к центру Земли предполагает, напротив, движение какой-то среды в качестве причины. Это же относится и к другим видам тяготения, например к тяготению планет к Солнцу и друг к другу. Тело естественным образом не может быть приведено в движение иначе, чем посредством другого тела, прикасающегося к нему и таким образом побуждающего его к движению, и после этого оно продолжает свое движение до тех пор, пока соприкосновение с другим телом не воспрепятствует этому. Всякое другое воздействие на тела должно быть рассматриваемо как чудо или чистое воображение*.

Тут Лейбниц отстаивал не свои оригинальные выводы, а общепризнанные в то время положения. За семьдесят лет до его полемики с Кларком Декарт напал на Роберваля, введившего всемирное тяготение (без явного выражения для закона его действия) в свою систему мира, еще энергичнее и резче: «Нет ничего более абсурдного: ...автор предполагает, что некоторое свойство присуще каждой частице материи в мире и что, в силу этого свойства, частицы устремляются друг к другу и взаимно притягиваются; он предполагает также, что подобное свойство присуще всем земным частицам в их взаимоотношениях и что оно ничуть не мешает первому. Чтобы это понять, надо не только предположить, что каждая частица материи одушевлена, и даже то, что в ней имеется большое число различных душ, друг друга не стесняющих, но и то, что эти души материальных частичек одарены сознанием и что они воистину божественны, дабы они могли без всякого посредства знать, что происходит в весьма удаленных от них местах, и оказывать там свое действие»**.

Неудивительно, что оказавшийся исторически неизбежным переход к системе Ньютона и его последователей воспринимался современниками как резкий перелом. Фонтенель в «Похвальном слове Ньютону» (1727) признавал, что «Тяготение и Пустота, изгнанные Декартом из физики, казалось бы, навсегда, ведомые Ньютоном, вернулись туда, быть может, только несколько в ином

* Там же, стр. 75—76.

** Письмо к Мерсенну от 20 апреля 1646 г., опубликованное Мерсенном в 1647 г. в «*Cogitata physico-mathematica*», t. III.— См.: Descartes. Correspondance, éd. Ch. Adam et P. Tannery, t. IV, p. 396, n° CLXXX.

виде, да еще с такой совершенно новой силой, на которую их считали способными» *. Но Гюйгенс, Лейбниц, братья Бернулли и фактически все ученые конца XVII—начала XVIII вв. на континенте Европы отвергали и пустоту и тяготение.

Общеизвестно, что Лейбницу принадлежит введение в механику «живой силы» или, как стали говорить в XIX столетии, меры кинетической энергии в ее механической форме. Это было, как указывалось выше, результатом целенаправленного поиска. Материя должна была быть наделена активностью, чем-то таким, что, как выражался Лейбниц, находится на полупути между способностью действовать и самим действием. И наличие такой активности надо было не только провозгласить и объявить ее неким качеством. Так поступали схоласты, Лейбницу же надо было найти меру этой активности и обосновать эту меру в соответствии с данными естествознания. Это было сделано в небольшой статье 1686 г. Лейбниц исходит из признаваемого всеми факта, что нужна одна и та же сила (*vis*), чтобы поднять тело *A* весом в один фунт на высоту четырех локтей и чтобы поднять тело *B* весом в четыре фунта на один локоть. (Как видим, слово «сила» здесь соответствует нашему термину работа, что надо иметь в виду и в дальнейшем.) Поэтому, падая с соответствующей высоты, каждое из этих тел приобретает одинаковую силу. Отсюда Лейбниц заключает, что тело в один фунт, упав с высоты четырех локтей, обладает силой в четыре раза большей, чем упав с высоты в один локоть и, вообще, силы, приобретаемые одинаковыми телами при падении с разных высот, пропорциональны этим высотам.

Скорости же этих тел, приобретаемые при падении, как было установлено Галилеем, пропорциональны корню квадратному из высот, значит, и количества движения находятся в таком отношении. Но Декарт считал равносильными движущую силу и количество движения, и в этом он ошибался, так как вышеприведенные рассуждения доказывают следующее:

«Силы находятся в составном отношении тел (их удельного веса или массивности) и высот, производящих скорости, т. е. [при падении] с которых могут быть получены скорости»**. В переводе на современный язык это озна-

* Fontenelle. Oeuvres, t. V, p. 305.

** См.: LMS, Bd. VI, p. 119.

чает, что силы относятся как произведения из масс тел на квадраты их скоростей (ибо скорости и пути связаны при падении зависимостью $v \equiv \sqrt{2gs}$), а не на первые степени скоростей, как утверждал Декарт. Поэтому статья Лейбница озаглавлена «Краткое доказательство памятной ошибки Декарта и других...», и она вызвала длительную полемику, которая затянулась почти на столетие. Здесь не место рассматривать этот спор, который во многих случаях был спором из-за слов, т. е. вследствие использования одного и того же слова «сила» в разных смыслах*. И сам Лейбниц в других работах применял слово *vis* в смысле, более близком к современному, а для *vis viva* — живая сила. Во всяком случае именно он ввел кинетическую энергию как меру движения и подошел к формулировке нового закона сохранения в механике — сохранения энергии при взаимодействии тел. Гюйгенсу принадлежит строгое доказательство сохранения живой силы при упругом ударе, Лейбниц находил возможным утверждать это и для неупругого удара, так как ему уже не было чуждым представление о различных формах энергии. Это видно из его пятого письма Кларку (оно написано по-французски; слово сила — *force* — применяется в таком же смысле, как латинское *vis* в цитированной статье 1687 г.):

«Я утверждал, что деятельные силы сохраняются в мире. Мне возражают, что два мягких или неупругих тела при столкновении теряют свою силу. На это я отвечаю, что это не так. Если рассматривать только совокупное движение тел, то здесь, конечно, сила теряется, она, однако, переносится на части, которые внутренне возбуждаются силой столкновения или толчка. Потеря, таким образом, имеет место только по видимости; силы не уничтожаются, а лишь рассеиваются в чрезвычайно мелких частях; здесь происходит не потеря силы, а нечто подобное тому, что имеет место при размене крупных денег на мелкие»**.

Кроме закона (или «принципа») живых сил с именем Лейбница связан другой принцип механики — принцип наименьшего действия. Несомненно, что отправным пунк-

* См. по этому вопросу работу Б. Г. Кузнецова и У. И. Франкфурта «К истории закона сохранения и превращения энергии». «Труды Ин-та истории естествозн. и техники», т. 28, 1959, стр. 339—349.

** «Полемика Г. Лейбница и С. Кларка», стр. 91—92.

том тут был принцип Ферма в оптике. Лейбниц считал этот принцип подтверждением положения, которое входило в его философскую систему, — он рассматривал его как доказательство действия «конечных причин» (*causae finales*). В «Новых опытах...» он говорит о том, что природа действует по кратчайшим или по крайней мере по самым определенным путям и что этот принцип достаточен для всей оптики, катоптрики, диоптрики (кн. 4, гл. 7). Не раз он высказывал уверенность в наличии общего закона природы такого же телеологического характера, как и упомянутый оптический закон. В неопубликованной прижизненно рукописи, относящейся к 1697 г., Лейбниц говорит о проявляющемся в вещах принципе, имеющем характер максимума или минимума: природа всегда производит наибольшее действие с так сказать наименьшей затратой*. Здесь нет никаких указаний на то, что такое действие и что такое затрата — эта формулировка столь же (но не более) метафизична, чем формулировка принципа наименьшего действия у Мопертюи почти полвека спустя. В тексте Лейбница имеется слово *actio* — действие. Оно не всегда применяется Лейбницем в одном и том же значении, но в подавляющем большинстве случаев, когда *actio* относится к механическим процессам, оно обозначает $v \cdot ds = v^2 dt$, иной раз с коэффициентом, равным массе, иной раз без него. Это делает весьма вероятной подлинность письма Лейбница, опубликованного Самуилом Кенигом в 1751 г. В этом письме содержится утверждение об экстремальности величины, представляющей собою интеграл от $v ds$. Мопертюи, вероятно, искренне считал письмо фальшивкой, сделанной его врагами, чтобы лишить его славы открывателя принципа наименьшего действия, но и без этого письма следует признать, что Лейбниц подошел к формулировке этого принципа достаточно близко и бесспорно является предшественником Мопертюи**.

По-видимому, никто из современников не придавал большого значения работам Лейбница по небесной механике или, если говорить языком того времени, о движениях небесных тел. Эти работы были откликом на знаменитые «Начала натуральной философии» Ньютона. Напомним, что

* См.: «Leibnizens Philosophische Schriften». Ed. Gerhardt. Bd. VII, p. 302.

** См.: A. Kneser. Das Prinzip der kleinsten Wirkung von Leibniz bis zur Gegenwart. Berlin — Leipzig, 1928.

это произведение Ньютона, безусловно, произвело сильнейшее впечатление на научный мир Англии того времени, но на континенте Европы оно было принято более чем прохладно: ни физика, ни математика Ньютона не могли расположить в его пользу. Говоря «физика», мы становимся на позицию современников, считавших Ньютона сторонником «действия на расстоянии».

Выше уже указывалось, что Ньютон искал механизм, иначе говоря, физическую схему для объяснения тяготения. Если в «Математических началах натуральной философии» закон тяготения приведен как исходное положение, то только потому, что не удалось найти приемлемую физическую схему. Видимо, поэтому в «Началах» Ньютона сила тяготения стоит особняком. Ньютон дает особое определение центростремительной силы (*vis centripeta*, V определение) и добавляет, что такого рода силой является тяжесть, обособляя ее от присущей телам способности сопротивляться изменению состояния покоя или равномерного прямолинейного движения (*materiae vis insita*; III определение) и от воздействующей на тела силы — причины такого изменения (*vis impressa*, IV определение).

В общем позиция Ньютона в вопросе о тяготении не отличается от позиции Галилея, который принял установленный опытом закон падения, не предлагая никакой гипотезы относительно причины, вызывающей падение тел. И мотивы, видимо, в обоих случаях были одинаковы: не было возможности удовлетворительно «объяснить» закон, но можно было вывести из него ценные следствия и, проверяя их соответствие действительности, подтвердить наличие закона. И все-таки, хотя Ньютон имел такого предшественника, как Галилей, его сурово осуждали, как осуждал Галилея Декарт.

Гюйгенс находил Ньютонов «принцип тяготения» нелепым и выражал свое удивление тем, как Ньютон мог потратить столько сил на трудные вычисления, основанные на таком принципе*. Лейбниц выражал уверенность в том, что нельзя удовлетвориться «притягательным свойством, как это, видимо, делает г-н Ньютон»**. Характерны эти слова — «притягательное свойство» (*une qualité*

* В письме к Лейбницу от 18 ноября 1690 г. См.: LMS, Bd. II, p. 144.

** Письмо к Гюйгенсу от 16/26 сентября 1692 г. См.: LMS, Bd. II, p. 57.

attractive): позиция Ньютона навлекла на него подозрение, что он воскрешает методiku объяснения явлений природы с помощью аристотелевых качеств. Но даже если отбросить такое подозрение, налицо была картезианская физика с ее наглядными объяснениями (правда, не дававшими удовлетворительной основы для расчетов), и это обязывало новую теорию быть не менее физической.

Итак, физика Ньютона, вернее — отсутствие физической теории тяготения у Ньютона было достаточным основанием признать его построения неудовлетворительными или, во всяком случае, недостаточными. Математика же Ньютоновых «Начал» — геометрический метод изложения — делала их трудными для самых сильных читателей. А за год до выхода в свет «Начал» появилась уже вторая работа Лейбница по анализу бесконечно малых, вслед за этим новое исчисление начинает изучать и совершенствовать Яков Бернулли, к нему присоединяются Иоганн Бернулли, Лопиталь, Вариньон... Самые активные и яркие представители физико-математической мысли того времени овладевают методами Лейбница, и в «Началах» Ньютон для них — даровитый, пусть даже гениальный математик, придерживающийся устаревших методов.

Словом, Лейбниц не мог быть удовлетворен «Началами» Ньютона, хотя, конечно, оценил богатство и силу содержащихся в них результатов. Лейбницу была необходима «настоящая», т. е. физическая (в понимании того времени) теория тяготения*, а для получения следствий из нее и в связанных с этим расчетах он, естественно, считал целесообразным применить созданное им исчисление. С поразительной живостью и силой мысли Лейбниц взялся за усовершенствование теории тяготения во время своего итальянского путешествия (1687—1689), познакомившись только с рецензией на книгу Ньютона в лейпцигских «Acta Eruditorum». Правда, Лейбниц указывал, что эта рецензия побудила его изложить соображения, к которым он пришел раньше.

Работа Лейбница дошла до нас в двух вариантах. Первый, под названием «Опыт о причинах небесных движений»**, появился в «Acta Eruditorum» за 1689 г., второй

* В том же духе, в каком он пытался дать ее в «Новой физической гипотезе».

** «Tentamen de Motuum Coelestium causis». — В LMS занимает страницы 144—160 VI тома.

остался неопубликованным при жизни Лейбница и впервые напечатан Герхардтом *.

Лейбниц первоначально имел в виду опубликовать свою статью в Италии. В его бумагах сохранилось любопытное (опубликованное Герхардтом) письмо к некоему патеру (имя адресата неизвестно). В нем Лейбниц просил выяснить, не повлечет ли попытка напечатать его работу к каким-либо неприятным последствиям, так как он принимает в своих рассуждениях систему Коперника. Лейбниц приводит различные аргументы в пользу того, что система Коперника совместима с учением церкви и заканчивает письмо так. «И воистину система Коперника столь превосходно объясняет явления, связанные с планетами, что следует считать не понимающего ее астронома блуждающим в потемках, а новые открытия каждодневно настолько подтверждают ее простоту и соразмерность, что следует опасаться, не затемняют ли славу божию те, кто не желает ею пользоваться, лишая тем себя возможности познать мудрость божию в столь замечательных его делах. А ныне это тем более можно утверждать — ныне, когда система Коперника пролила новый свет на физические причины планетных движений: общие их законы удивительно удачно объясняются движением, состоящим из гармонического обращения вокруг Солнца и неким как бы магнетическим побуждением планеты к Солнцу, как тяжелое тело влечется к центру, и это принимается не столько как гипотеза, сколько на основании геометрического вывода из явлений. Таким образом, вряд ли у кого-либо могут остаться какие-нибудь сомнения относительно этой отличной системы» **.

Методика Лейбница в этой работе не отличается принципиально от той, которую он продемонстрировал в «Новой физической гипотезе». Выдвинув достаточно неопределенное объяснение тяготения неким «магнетическим побуждением» планет к центральному телу — Солнцу ***, Лейбниц принимает как установленный факт эллиптичность планетных орбит и закон площадей (первый и второй законы Кеплера). Исходя из этого и выведя формулы для центробежной силы, Лейбниц получил дифферен-

* LMS, Bd. VI, p. 161—187.

** Там же, p. 147.

*** И одно, и другое воздействие, которое нужно было Лейбницу, как причина «гармонического обращения», создавалось вихрями в окружающем небесные тела эфире.

циальное уравнение для радиуса-вектора планеты как функции времени и с его помощью — закон обратной пропорциональности притяжения квадрату расстояния. Он допустил при этом две ошибки, одну из которых позже исправил (с помощью Вариньона), и впоследствии, в годы спора с английскими учеными о приоритете в открытии исчисления бесконечно малых, это дало основания для неоправданно резкой критики его работы. Но надо считать вполне обоснованным заключение современного английского ученого об этой работе Лейбница: «Несмотря на ошибки, несомненно, что существенной заслугой Лейбница является его вклад в теорию центральных сил, особенно его формула для радиального ускорения... Что эта формула

$$\ddot{r} = h^2/r^3 - \mu/r^2$$

(точки обозначают дифференцирование по времени, r — радиус — вектор планеты, h и μ — постоянные, входящие в выражение соответственно для центробежной силы и силы тяготения) никак не была тривиальным результатом, показывает тот факт, что Вариньон был очень доволен открытием более простых, но и более фундаментальных формул для движения по прямой или по кривой — формул для скорости $v = ds/dt$ и для ускорения dds/dt^2 , опубликованных в 1700 г. (хотя эти результаты неявно содержатся в некоторых утверждениях Ньютона и Лейбница, сами формулы установлены Вариньоном). И далее: «Главное достижение Лейбница — это применение техники дифференциального исчисления к проблеме планетных движений. Не менее важно его влияние на Вариньона, исследованиями которого в этой области как и исследованиями самого Лейбница, слишком долго пренебрегали»*.

Если из работ Лейбница знать только ту, в которой он занимается прочностью балок**, то его можно было бы охарактеризовать как механика-теоретика с инженерным уклоном, последователя Галилея не только по предмету занятий, но и по духу и стилю исследования. Согласно Галилею, для консольной балки (в виде призматического

* E. J. Aiton. The celestial mechanics of Leibniz. Annals of Science, v. 16, № 2, June 1960, p. 82.

** «Demonstrationes novae de revistentia solidorum (Новые доказательства относительно сопротивления твердых тел)». «Acta Eruditorum», 1684; LMS, Bd. VI, p. 106—112.

бруска с прямоугольным основанием; длина балки l , ширина поперечного сечения — b , высота или толщина балки — d), вытягиваемой из заделки растягивающим усилием T и обламываемой в месте заделки изгибающим усилием B , приложенным к свободному концу, имеем

$$T : B = l : \frac{1}{2} d.$$

Лейбниц рассматривает балку в виде куба (тогда $B = \frac{1}{2} T$) и объясняет, что результат Галилея следует из допущения, что сопротивление волокон балки прямо пропорционально их высоте над нижней кромкой заделки. Точнее, Лейбниц приписывает Галилею именно такой способ расчета сопротивления балки. Однако результат Галилея не подтверждается экспериментами, согласно которым $B < \frac{1}{2} T$ (тут Лейбниц имеет в виду, вероятно, опыты Мариотта, на которого он дальше ссылается*). А так как Галилей рассуждает правильно, то причиной неудовлетворительности результата является неудовлетворительность исходного допущения. Действительно, Галилей представлял себе балку как абсолютно твердое тело до момента, когда она сразу обламывается в том месте, где растягивающее или изгибающее усилие превышает ее способность к сопротивлению. На деле же все тела лишь постепенно «поддаются», притом задолго до того, как наступает разрыв. Мариотт обратил на это должное внимание, но Лейбниц считает неверным его вычисления и берется заново за расчет. Он рассматривает каждое волокно балки как пружину, соединяющую балку со стеной, в которую она заделана. Лейбниц принимает закон пропорциональности растяжений и растягивающих сил, а так как растягивающая сила должна быть к тому же пропорциональна расстоянию от нижней кромки, то в итоге сопротивления (моменты) волокон пропорциональны квадрату их удаления от нижней кромки заделки. Относя все размеры к высоте балки, приходим к вычис-

лению интеграла $\int_0^1 y^2 dy = \frac{1}{3}$, откуда

$$B = \frac{1}{3} T.$$

* Результаты Мариотта в печати появились позже (посмертно) в его книге «*Traité du mouvement des eaux et des autres corps fluides* (Трактат о движении воды и других жидких тел)». Paris, 1686.

Конечно, в расчете Лейбница учитывается только упругое растяжение и не учитывается изгиб. Будущие исследователи внесли соответствующие поправки, но все же эта небольшая работа Лейбница содержит несколько замечательных достижений:

а) первое применение закона Гука в расчете упругой системы;

б) первое введение в расчет момента инерции поперечного сечения;

в) обоснование связи упругих и акустических свойств тел. Лейбниц писал, что по своей природе звук — это дрожание или относительное изгибание частей звучащего тела, и раз звучание вызывается даже легким ударом по телу, то нет тела настолько твердого, чтобы его нельзя было хоть немного изогнуть даже небольшим усилием. И дальше Лейбниц указывал, что чем тверже и неразделимее строение тела, тем выше издаваемый им звук, так как дрожащие частицы короче и сильнее натянуты, раз они составляют более тугое тело.

В связи с последними замечаниями Лейбница уместно обратиться к его переписке последних лет жизни с итальянским ученым Цендрини (Bernardino Zendrini, 1679—1744), который ставил акустические опыты, и в связи с этим обратился к Лейбницу с некоторыми вопросами. В ответном письме Лейбница (от 4 ноября 1715 г.) * есть много ценного. Лейбниц говорит об аналогии между волнами на воде и звуковыми колебаниями тел, что она недостаточна, так как водяные волны поверхностные и вызываются тяжестью, а не упругими силами. Все-таки, замечает Лейбниц, я не отрицаю, что к такому виду распространения (движения) можно применить слово «волна». Далее описывается опыт Мариотта 1684 г., поставленный по предложению Лейбница и доказывающий наличие поперечных колебаний в стержне.

В другом письме к Цендрини, заканчивающем их переписку (от 15 марта 1716 г.; Лейбниц умер 14 ноября того же года), Лейбниц высказался так: «Хотелось бы, чтобы какой-нибудь выдающийся музыкант, который одновременно был бы отличным математиком, вступил в этот океан — учение о звуке, — по которому до сих пор редко плавали, оставил бы берега и постепенно вышел бы

* LMS, Bd. IV, p. 242—245.

в открытое море, т. е. начав с самых простых опытов. Надеюсь, что таким путем многое можно было бы свести к соображениям математико-механического характера... Каковы акустические свойства, общие телам из железа, дерева, земли (или обожженной глины), так что они не зависят от особого строения тела... какова разница между сплошными телами и телами, прилегающими друг к другу или склеенными, между однородными и неоднородными... звук полости меняется, когда туда налита вода. И жидкости имеют свои различия, также и в сочетании с твердыми телами; вода, покрытая водою, звучит гораздо чище, чем когда ее покрывает твердое тело» *.

Оценивая роль Лейбница в развитии теории упругости, Трусделл отмечает, что с 1684 г. по 1716 г., год его смерти, влияние Лейбница было весьма значительным. Взгляды Лейбница были здравы, вопросы, сюда относящиеся, он знал детально. Если бы Лейбниц написал только те десять страниц, на которых поместились статья о сопротивлении твердых тел и работа о цепной линии (ее мы здесь не рассматриваем), их было бы достаточно для его славы. «Весьма замечательно, что Лейбниц нацеливал на вполне определенные задачи механики, имея в виду последующие обобщения, а не шел от общих положений к частным выводам, что Лейбниц добивался разумного сочетания теории и эксперимента, в чем, если говорить о теории упругих колебаний, его предшественником был только Гюйгенс, а последователем — Даниил Бернулли» **.

Выше рассмотрено не все, что составляет «механику Лейбница»; некоторые ее части, и выигрышные и проигрышные с современной точки зрения, остались неосвещенными. Еще одно неизбежно делает наш анализ неполным: Лейбниц, вероятно, превосходил всех своих современников начитанностью, знанием предшественников, и при всей глубине и оригинальности его мышления его работы требуют сопоставлений и сопоставлений. Это необходимо не для установления, что заимствовано и что оригинально, а потому, что очень многое у Лейбница является открытой или замаскированной полемикой, переосмысливанием, компромиссом... Галилей, Декарт, Гюйгенс, Ньютон —

* Там же, стр. 249—251.

** См.: C. Truesdell. The Rational Mechanics of Flexible and Elastic Bodies, 1638—1788. Introduction to L. Euleri Opera Omnia, vol. X et XI, Seriei Secundi, Turici, MCMLX, p. 128.

каждый из них идет своей дорогой, которую им приходится в одних местах расчищать, в других прокладывать, их дороги сближаются, расходятся, вливаются одна в другую. Путь Лейбница пересекается со всеми путями его предшественников и современников. Это относится и к его механике. Ее анализ должен был бы включать внушительного объема разделы: Лейбниц и Декарт, Лейбниц и Гюйгенс, Лейбниц и Ньютон... Здесь это сделано только частично. Однако некоторые итоги можно подвести.

Исторически обреченной на неудачу была борьба против основ механики Ньютона, та «оппозиция», которую возглавляли Лейбниц и Гюйгенс. И не потому, что критика и критики были слабы: часто они били по действительно слабым местам. Однако ни Лейбниц, никто-либо другой не мог создать в то время что-либо конкурентоспособное, и пустота, закон тяготения (без наглядного истолкования его действия), абсолютность движения и законы механики в том виде, в каком ими пользовался Ньютон, надежно вошли и не могли не войти в науку. Признавая это, столетия спустя Эйнштейн воскликнет: «Прости меня, Ньютон! Ты нашел тот единственный путь, который в твоё время был возможен для человека наивысшего полета мысли и наибольшей творческой силы».

Большой заслугой Лейбница было то, что он дал применение созданного им математического аппарата к планетной задаче, которое было необходимо для развития в рамках теории Ньютона аналитических методов небесной механики и механики вообще. И это было столь естественно, что имя Лейбница выпало из истории перехода механики в аналитическую фазу. Забыли и критику системы Ньютона, пересмотр ее основ в конце XIX — начале XX вв. прошел без обращения к наследию Лейбница.

Но были вопросы, в которых особенности исторической роли Лейбница и его творческой индивидуальности обеспечивают ему первое место среди современников: он искал и, пусть в несовершенной форме, нашел один из основных законов сохранения, он подошел к формулировке первого вариационного принципа механики. Надо добавить, что он и в публикациях, и в переписке, и в оставленных рукописях разбросал немало замечательных идей, коснувшись едва ли не всех проблем механики своего времени. Лейбниц больше, чем кто-либо другой, связывает XVII в. и с прошлым и с будущим.

МЕХАНИКА И МАШИНЫ

Вопрос о развитии машин в XVI—XVII вв. представляет значительный интерес не только сам по себе. «Очень важную роль,— как указывает Маркс,— сыграло спорадическое применение машин в XVII столетии, так как оно дало великим математикам того времени практические опорные пункты и стимулы для создания современной механики» *. Общеизвестно, что существенное изменение машин началось в конце первой половины XVIII в.; результатом его был промышленный переворот, в корне изменивший систему общественного производства. И в то же время машины XVII в., ничем в сущности не отличающиеся по своему качеству, типам и применению от машин предыдущих веков, оказали значительное влияние на научную революцию, а тем самым и на промышленный переворот.

Поэтому не безынтересно будет рассмотреть некоторые существенные стороны развития машин и их теории в XVI и XVII вв. и взаимовлияние механики и науки о машинах **.

Механика, как это вскрывается самим названием науки, началась от понятия силы и от необходимости каким-то образом увеличить естественную силу человека. Механика Декарта, одного из вождей научной революции, исключает само понятие силы и признает лишь перемещение, сво-

* К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 23, стр. 361.

** Мы не применяем термина «машиностроение», так как оно возникло значительно позже — в конце XVIII в.

дя все многообразие естественных явлений к очень небольшому числу простейших принципов. Но зато она стремится пояснить действием одних и тех же «механических» законов и химические, и магнитные, и физиологические явления и процессы. Более того, делая логический вывод из своих собственных рассуждений, Декарт приравнивает живые существа к машинам. Он считает, что это «ничуть не покажется странным тем, кто знает, сколько различных автоматов, или самодвижущихся машин может произвести человеческое искусство, пользуясь при этом немногими частями, в сравнении со множеством костей, мускулов, нервов, артерий, вен и всех других частей, находящихся в теле каждого животного»*. Таким образом, по Декарту, нет принципиальной разницы между животным и машиной, и живое существо полностью подчинено в своих физиологических функциях законам механики и, при определенных условиях, не отличимо от машины.

Итак, мы приходим к очень интересному положению: между живым существом и машиной ставится знак тождества. Самое замечательное в этом то, что во времена Декарта не только не существовало какой-либо теории машин, но даже отсутствовало ясное понимание сущности машины. Сам Декарт** указывает, что машинами можно назвать и циркуль и даже линейку; таким образом, под понятие машины попадает любой предмет, изготовленный человеком и служащий какой-либо цели. Но тогда становится неясным и парадоксальным само утверждение Декарта о подобии живого существа и машины.

Чтобы разобраться в этом парадоксе, следует выяснить, что представляла из себя машинная техника исследуемого периода и каковы были тогда тенденции ее научного изучения.

XVI и XVII века были временем, когда зародилось и развилось на смену цеховому производству мануфактурное. Как указывает Маркс, «мануфактурный период... спорадически развивает также употребление машин, особенно при некоторых простых подготовительных процессах, требующих большого количества людей и большой затраты силы. Так, например, в бумажной мануфактуре скоро

* R. Descartes. Oeuvres, publiées par Ch. Adam et P. Tannery, t. VI, p. 55—56.

** Р. Декарт. Геометрия (перев. А. П. Юшкевича). М.—Л., ГОНТИ, 1938, стр. 29.

стали сооружать особые мельницы для перемалывания тряпок, а в металлургии — толчси для дробления руды» *.

Таким образом, машинами, характерными для мануфактурного способа производства, являются технологические машины — мельницы, в которых собственно рабочая машина агрегирована в единое целое с источником энергии и которые предназначены для выполнения тех технологических операций, которые требуют большой затраты физического труда, но не могут заменить человеческую руку **. Большой частью от одного двигателя работал один мельничный агрегат, значительно реже — целая система технологических машин. По определению, приводимому Эбергардсом ***, относящемуся, правда, к более позднему времени, но отражающему технику именно мануфактурного периода, «мельницами называются такие машины, в которых при помощи приспособленных колес и приводов получается вращательное движение, которое облегчает изготовление определенных материй». Далее автор сообщает, что «при помощи всех мельниц вырабатываются некоторые материи, как крупа, порох, бумага, перец и другие, чем каждая мельница и отличается от крана или от иной машины, состоящей из колес». Таким образом, уже в эпоху, предшествующую промышленному перевороту, было уяснено отличие машин технологических от машин подъемных, хотя бы в состав тех и других и входили подобные детали.

Была создана классификация мельниц по типу привода, по характеру двигателя (вода, ветер, животные), даже по материалу сооружения здания мельницы (камень, дерево). Мельницы классифицировались также по характеру технологических процессов. Так, различались мельницы для дробления или измельчения первичного продук-

* К. Маркс. Капитал, т. I, М., Госполитиздат, 1960, стр. 360—361.

** «Вся история развития машин может быть прослежена на истории развития мукомольных мельниц. По-английски фабрика еще до сих пор называется mill [мельница]. В немецких сочинениях по технологии в первые десятилетия XIX в. мы также встречаем слово Mühle [мельница] для обозначения не только машин, приводимых в движение силами природы, но и вообще всякой мануфактуры, применяющей механические аппараты» (Примечание К. Маркса. См. «Капитал», т. I, стр. 361, примеч. 43).

*** J. P. Eberhards. Beiträge zur Mathesis Applicata. Halle im Magdeburgischen, 1757, S. 32.

та, мельницы прессыющего действия, мельницы ударного действия, мельницы для разделения и распиловки первичного продукта, мельницы для сверления, мельницы для шлифования и полировки и т. п. При описании мельниц Эбергардс замечает, что любую работу, выполняемую мельницей, можно было бы выполнить и без ее помощи, например вручную, — прекрасная иллюстрация к положению Маркса о спорадическом применении машин.

Итак, основной задачей мельниц — технологических машин XVII в. — являлась замена физической силы. Правда, все чаще встречаются машины, заменяющие руку человека, бурное развитие которых в следующем столетии определит промышленный переворот, но эти машины — токарные станки, копировальные станки, специализированные ткацкие станки (как, например, упоминаемая Марксом машина для тканья лент и галунов*), однако они не характерны для мануфактурного производства и их появление не может пока изменить ни способа производства, ни технологии.

Основными источниками энергии продолжают оставаться сила воды, ветра, животных; немаловажным вкладом в общий энергетический баланс служит и сила человека. Одновременно в XVII в. начинаются многочисленные попытки изобретения паровой машины. Сила пара или скорее сила атмосферного давления приспособляется для выполнения некоторых весьма нужных и неотложных работ (например, откачка воды из шахт), а также для выполнения работ, еще не вызываемых необходимостью (например, приведение в движение судов). Производятся поиски формы новой машины: здесь определенную роль сыграли и форма артиллерийского орудия, и известная со времен Герона Александрийского форма поршневого насоса.

Значительного развития достигли в XVII в. подъемно-транспортные машины. Их назначение — горнозаводские, строительные, гидравлические, военно-фортификационные работы, откачка воды из шахт, очистка каналов и портов. Появляются некоторые новые схемы этих машин (в частности, к XVI в. относится схема одноковшового экскаватора), развиваются и усложняются старые. В определенной степени (но не непосредственно) на развитие машин

* К. М а р к с. Капитал, т. I, стр. 438.

этой группы повлиял и основной для эпохи мануфактурный способ производства.

Этими тремя* группами машин все же не исчерпывается механическая техника эпохи научной революции. Есть еще одна группа «машин», если не применять не соответствующий эпохе термин «механизм», развитие которых чрезвычайно тесно связано с прохождением научной революции, тем более, что действующими лицами в истории этих «машин» оказываются те же ученые, которые принимали непосредственное и деятельное участие в выработке натурфилософии XVII в.,— механики. Группа эта оказала существенное влияние на исследования в области механики**; она же послужила лабораторной базой и для тех немногих теоретических выводов, которые впоследствии вошли в состав науки о машинах. Здесь имеются в виду часы, а также генетически связанные с ними автоматы и возникающие в XVII в. счетные машины.

Мануфактурный способ производства оказался чрезвычайно благоприятным для развития производства часов. «Мануфактурное разделение труда путем расчленения ремесленной деятельности, специализации орудий труда, образования частичных рабочих, их группировки и комбинирования в один совокупный механизм создает качественное расчленение и количественную пропорциональность общественных процессов производства, т. е. создает определенную организацию общественного труда и вместе с тем развивает новую, общественную производительную силу труда»***. И вот эта особенность мануфактурного производства наиболее ярко отразилась в изготовлении часов, которое можно было бы назвать машиностроением мануфактурного периода. На базе построения и изучения часов создаются существенные разделы динамики; с часов начинается кинематика механизмов: выявление отдельных механизмов, определение передаточного отношения, разработка теории зубчатого колеса, развитие теории кривых; зубчатые колеса часовых механизмов вызывают к жизни

* Скорее двумя, так как машины-двигатели не имели самостоятельного существования и, как мы видели, входили в состав «мельниц».

** Ярким примером чего явилось, например, творчество Гюйгенса.

*** К. М а р к с. Капитал, т. I, стр. 377.

новые станки и приспособления, предназначенные для производства первых. Часы легко раскладываются на отдельные узлы и детали, изготовление которых доступно для отдельного рабочего, и являются, таким образом, классическим механизмом мануфактурного периода, технология изготовления которого, характерная для мануфактуры, намного пережила эпоху господства этого типа производства.

Зубчатые колеса были изобретены вскоре после появления первых машин. По-видимому, первой передачей в истории машин была цевочная коническая передача от нижнебойного колеса к валу жернова, послужившая прообразом зубчатого зацепления. Затем в течение двух тысяч лет шла кропотливая работа по усовершенствованию типов передач, по выработке форм зацепляющихся между собой зубчатых колес, по преобразованию технологии их изготовления. Мало-помалу цевки становятся зубцами, зубцы приобретают некоторую оптимальную для каждого конкретного случая форму, хотя последняя еще и не играет особенной роли: ведь до XVIII в. зубчатые колеса даже часовых механизмов делаются главным образом из дерева!

Первым из ученых, которого даже без особенной натяжки можно было бы назвать теоретиком машиностроения (единственной натяжкой является тот факт, что машиностроения в то время еще не существовало), был Джеронимо Кардано. Один из самых замечательных ученых XVI в., Кардано исследовал действие пружинного завода и баланс в часах и сделал существенный вклад в создание кинематики механизмов. У него уже встречается (правда, в завуалированной форме) понятие кинематической пары («то, что движет движимое, непременно должно его касаться» *). Он выделяет из состава машин отдельные механизмы, исследует выполняемую при их помощи передачу движения, вводит понятие передаточного отношения. Он описывает рядовое соединение зубчатых колес и определяет передаточное число редуктора. Однако качественного описания зубчатого зацепления у него нет, он не исследует форму зубчатых колес и в конце концов приходит к безрадостному заключению о том, что «...часовые меха-

* Т. Бек. Очерки по истории машиностроения, т. I. М.—Л., ГТТИ, 1933, стр. 110.

низмы нашего века проводят больше времени у часовщиков, чем у владельцев»*.

В середине XVII в. Гюйгенс изобрел маятник в качестве регулятора равномерности хода часов. Начиная с 1657 г., когда гаагский часовщик Костер изготовил первые часы по проекту Гюйгенса, он в течение многих лет работает над их усовершенствованием, создает ряд моделей точных хронометров, создает теорию маятника и, в сущности, совершенно преобразует часовое дело. От работ Гюйгенса начинаются и исследования кривых, положенные впоследствии в основу кинематической геометрии.

Часовое дело в качестве побочного продукта выделяет из своего состава сооружение механических автоматов. Сначала автоматы сопровождают башенные и другие большие модели часов, затем выделяются из их состава и начинают самостоятельное бытие, сохраняя заимствованную из часового дела механическую структуру. В XVII в. автоматы в свою очередь выделяют счетные машины сначала как подобную автоматам механическую игрушку, не имеющую практического применения; затем отношение к счетным машинам меняется и их сооружение становится самоцелью. В 1623 г. немецкий математик Вильгельм Шиккард (1592—1635), находившийся в дружественных отношениях с Кеплером, создает первую счетную машину, в которой использованы свойства передаточных отношений зубчатых колес. Его «счетные часы», пригодные для производства четырех действий, не нашли практического применения, да и не известно, были ли они изготовлены самим изобретателем.

В середине столетия созданием счетной машины занимается Паскаль. Около 1642 г. он создает проект счетной машины, выполненный в результате длительного экспериментирования (в возрасте девятнадцати лет!). В 1645 г. машина была закончена, и Паскаль смог получить на нее королевскую привилегию. Кинематическая ее схема несколько напоминает машину Шиккарда и состоит из набора колес с цевками.

В 1673 г. Лейбниц доложил в Королевском обществе в Лондоне о новоизобретенной им счетной машине, которая, однако, в то время еще не полностью функционировала. Уже в 1674 г. Лейбниц смог внести в свою машину

* Там же, стр. 115.

необходимые усовершенствования и весьма близко подошел к решению проблемы механического счета. Если учесть также то, что изобретение логарифмов относится тоже ко времени научной революции (Дж. Непер, 1614; Г. Бригг, 1624) и тогда же были предложены первые образцы счетной линейки (Э. Гюнтер, 1620; В. Аутред, 1622; Р. Деламейн, 1630), то вклад XVII в. в изобретение механического счета выглядит особенно значительным. Следует отметить, что сразу же после изобретения логарифмической линейки началась весьма интенсивная работа изобретателей над ее усовершенствованием и приспособлением для различных специальных вычислений. К числу изобретателей вскоре присоединился Ньютон, предложивший конструкцию линейки для решения уравнений.

Каким бы ни было назначение изобретения средств механизации вычислений, сооружением еще одного автомата без ясно выраженного практического назначения, как в случае машины Шиккарда, или целенаправленные попытки Лейбница и изобретателей логарифмов, и в том и в другом случае нельзя не заметить некоторого логического родства мыслей, заложенных в эти изобретения с механицизмом философии Декарта: принципиальное подобие между машиной и человеком влекло за собой желание возложить на первую некоторые психические функции человека. Эта идея, высказываемая несколько прямолинейно, отзвуком которой оказались в наши дни неоконченные споры о мыслящей кибернетической машине и о пределах ее возможностей и которая в XVII и XVIII вв. выразилась в поисках человекоподобных и животноподобных автоматов, явилась стимулом к более пристальному изучению машин.

Но кинематические соображения, связанные с часовым делом и приведшие к понятию передаточного числа, осветили только одну, хотя и очень существенную сторону понятия механизма, которому предстояло возникнуть еще не скоро. Наблюдения за равномерностью и точностью хода часовых механизмов выявили, что произвольная форма зуба является одним из факторов, лишь увеличивающих время пребывания часов у часовщиков. Если это в определенной степени и отвечало их цеховым интересам, то ни в коей мере не устраивало потребителей их труда. И во второй половине XVII в. возникает учение о зацеплении и связанные с ним методы геометрии, которые мы сейчас отнесли бы к кинематической геометрии: почва для

подобного рода исследований была подготовлена развитием механики и в особенности геометрии, хотя с точки зрения технологии производства часов все это было еще слишком рано.

Нам придется опять вернуться к Декарту. В книге II «Геометрии», озаглавленной «О природе кривых линий», Декарт делит все кривые линии на два класса. К первому классу, названному им геометрическим, он относит те линии, которые «описаны непрерывным движением или же несколькими такими же последовательными движениями, из которых последующие вполне определяются им предшествующими». Ко второму классу механических кривых относятся также линии, отдельные движения, необходимые для описания которых, между собой независимы. Как говорит Декарт, «...возможно, что допустить линии, более сложные, чем конические сечения, древним геометрам помешало то обстоятельство, что из этих кривых они в первую очередь случайно познакомились со спиралью, квадратриссой и им подобными. Эти кривые действительно принадлежат только механике и не относятся к тем, которые должны, на мой взгляд, быть здесь допущены, так как их представляют себе описанными двумя отдельными движениями, между которыми не существует никакого отношения, которое можно было бы точно измерить»*.

Таким образом, оба класса кривых, рассматриваемых Декартом, механически воспроизводимы. Средства для их воспроизведения он называет инструментами или машинами, относя к числу последних также циркуль и линейку. Однако, и это самое существенное, Декарт считает, что кривые первого класса можно выразить с помощью алгебраических уравнений и что их можно изобразить при помощи инструментов, состоящих из связанных между собой звеньев, которые мы отнесли бы сейчас к группе шарнирных механизмов. Таким образом, устанавливая соответствие между шарнирными механизмами и кривыми, выражаемыми алгебраическими уравнениями, Декарт предвосхитил теорему Кемпе и (даже с учетом сделанных при этом ошибок) заложил основы теории шарнирных механизмов.

Одновременно в своей «Геометрии» Декарт заложил основы теоретического изучения кривых. Мы видели уже,

* Р. Декарт. Геометрия, стр. 30—31.

что некоторые практические задачи часового искусства также требовали исследования кривых, которые могли бы обеспечить оптимальную форму зубцам часовых колес. В качестве такой кривой была предложена циклоида и ее варианты, причем на честь изобретателей претендовало несколько лиц. Датский математик и астроном Рёмер в докладе, прочитанном в Парижской академии наук в 1675 г., предложил в качестве формообразующей кривой циклоиду и ее производные. Лагир, который опубликовал свои результаты, посвященные тому же вопросу, значительно позже, заявил свое притязание на приоритет, ссылаясь на одно свое сообщение 1674 г. Гюйгенс подошел к исследованию циклоиды с другой точки зрения: он связал ее с движением центра тяжести маятника. Однако Гюйгенсу принадлежит не только исследование циклоидальных кривых: он развил также учение об эвольвенте. Правда, учение об эвольвенте, как о профилирующей кривой зубчатых колес, получило свое развитие значительно позже, в середине XVIII в., у Эйлера.

Итак, вопросы кинематики получили в XVII в. некоторое развитие и обеспечили некоторую техническую базу для исследований эпохи промышленной революции. Связанные с вопросами теории передачи и, в частности, с расчетом и построением зубчатых колес, они, естественно, интересовали и практиков и теоретиков, поскольку и те и другие были заинтересованы в одном — в создании точных, действующих безотказно и применимых в разных практических условиях часовых механизмов. Значительно труднее обстояло дело с изучением динамики машин. Не говоря уже о том, что такого рода исследования не вызывались требованиями практики по причине небольших рабочих скоростей машин, выполнение их было затруднено и по причине отсутствия какой-либо общей теории: ведь «Начала» Ньютона были опубликованы лишь в 1687 г., и во всяком случае в XVII в. они не стали общедоступным чтением. Несмотря на это, некоторые исследования динамических действий в машинах все же были проведены. Это — исследования теории колебаний, связанные с теорией физического маятника и опять-таки обусловленные нуждами часового производства, начатые Гюйгенсом, исследования трения при движении тел, завершенные знаменитым докладом Амонтона в Парижской академии наук на рубеже XVIII в. И все же это не дает возможности го-

ворить о разработке какой-либо общей теории машин. Такая теория была бы пресждевременной, так как она не вызывалась настоящими потребностями построения машин.

На рубеже XVII в. был опубликован «Трактат о механике» Галилея, в котором великий механик впервые пробует сделать о машинах некоторые общие выводы. Так, он указывает на четыре предмета, которые следует принять во внимание при изучении машин: «первый — это груз, который нужно перенести с места на место; второй — это сила или мощь, которая должна его перенести; третий — это расстояние между начальной и конечной точками перемещения; четвертый — это время, в течение которого должно произойти перемещение; но время сводится к тому же, что и скорость, быстрота (*velocita*) движения, ибо из двух движений за более быстрое принимается то движение, при котором то же расстояние проходят за меньшее время»*. Приведенное положение является первой в мировой литературе характеристикой машины. Несмотря на старую форму и, как мы увидим ниже, старый смысл всего учения о машинах, излагаемого Галилеем, содержание приведенного определения уже знаменует начало разработки определения, адекватного развивающимся машинам, того, которое будет высказано Эйлером через полтора столетия и ляжет в основу современного учения о машинах. Здесь мы видим в зародыше учение о структуре машины, как приспособления, служащего для передачи и преобразования (трансмиссия) некоторой заданной силы (двигатель) в силу, необходимую для выполнения требуемой работы (орудие).

Однако приведенная цитата является не более как гениальной догадкой: далее устанавливается тождество между механическим орудием — простой машиной и собственно машиной. Действительно, мы встречаем у Галилея и насосы**, полиспаст***, Архимедов винт****, однако все они приводятся лишь для иллюстрации некоторых общих законов, описывающих действие простых машин. Скорости машин еще долго будут незначительными,

* Г. Г а л и л е й. Избранные труды, т. 2. М., изд-во «Наука», 1964, стр. 8.

** Там же, стр. 9.

*** Там же, стр. 21.

**** Там же, стр. 35.

да и не в них дело: вопрос заключается в установлении равенства двух моментов, приложенных к двум звеньям машины, — ведущему и ведомому. А для этого с избытком хватит и статики простых машин.

Проходит сто лет. Трудами Галилея, Декарта, Гюйгенса, Ньютона создана динамика. Завершается трудный процесс перехода от статического восприятия мира к динамическому. И, обращаясь к тем же машинам, Ньютон посвящает несколько строк их общей теории, но уже с совершенно иной точки зрения, чем это сделал Галилей. Он пишет: «В блоке или полиспасте усилие руки, тянущей снасть прямо, удержит прямо или наклонно поднимаемый груз в равновесии, если это усилие будет так относиться к весу груза, как скорость отвесного подъема груза относится к скорости руки, тянущей снасть. В часах и подобных им механизмах, состоящих из сцепленных между собою колес, две силы, взаимно противящиеся, т. е. такие, из коих одна способствует, другая же сопротивляется движению, находятся в равновесии, если эти силы обратно пропорциональны скоростям тех частей колес, к коим они приложены. Сила винта, сжимающего тело, так относится к усилию руки, вращающей рукоятку, как окружная скорость той точки рукоятки, где усилие руки приложено, относится к скорости поступания винта против сжимаемого тела. Силы, с коими клин раздвигает две части раскалываемого дерева, так относятся к силе молота, бьющего по клину, как скорость перемещения клина в направлении действующей от бьющего его молота силы относится к скоростям, с которыми части дерева уступают клину, причем эти скорости надо брать по направлениям, перпендикулярным к щекам клина. Совершенно подобно соотношение между силами и во всякого рода машинах. Действительность и назначение машин в том только и состоит, чтобы, уменьшая скорость, увеличивать силу, и наоборот, ибо во всех подобного рода приборах в сущности решается такая задача: заданный груз двигать заданною силою или же заданное сопротивление преодолеть заданным усилием.

В самом деле, если машина будет устроена таким образом, чтобы скорости точек приложения движущей силы и сопротивления были обратно пропорциональны этим силам, то движущая сила уравновесит сопротивление, при большем же отношении скоростей — преодолет его. Если отступление от пропорциональности скоростям будет та-

ково, что будут преодолеваются сопротивления, происходящие от трения соприкасающихся и скользящих друг по другу тел, от сцепления тел непрерывных и разъединяемых и от подъема грузов, то, за исключением всех этих сопротивлений, избыточная сила произведет ускорение, пропорциональное ее величине как в частях машины, так и в сопротивляющемся теле»*. Отрывок этот особенно интересен тем, что представляет собой первое по времени изложение уравнения живых сил в применении к машинам, правда, выраженное в терминах эпохи.

Итак, за годы, отделяющие творчество Галилея от творчества Ньютона, существенно изменился взгляд на машину. Не только в недрах мануфактурного производства рождается машина-орудие. Происходит количественное накопление сведений о машинах, но революция в науке еще не нашла своего отражения в революции в промышленности: науку о машинах еще предстоит создать после того, как качественно изменятся сами машины. Наука пока еще следует за техникой и в этом направлении первое слово остается за изобретателями. А пример Папена и многие другие ясно показали, что для того, чтобы изобретение нашло свое место в общественном производстве, недостаточно таланта или даже гениальности изобретателя. Вызванное общественной необходимостью создание рабочих машин обусловило промышленный переворот. Мануфактурный способ производства не мог обусловить развитие машин, ибо «...мануфактура не была в состоянии ни охватить общественное производство во всем его объеме, ни преобразовать его до самого корня... Ее собственный узкий технический базис вступил на известной ступени развития в противоречие с ею же самой созданными потребностями производства»**. Результатом этого явилось бурное развитие рабочих машин, изобретение универсального двигателя — паровой машины, создание науки о машинах.

Основными руководствами для изучения машин на всем протяжении эпохи научной революции являлись «театры машин», «театры мельниц», дававшие иногда

* И. Ньютон. Математические начала натуральной философии (пер. А. Н. Крылова; в кн.: Собрание трудов акад. А. Н. Крылова, т. VII, Изд-во АН СССР, М.—Л., 1936, стр. 55—56).

** К. Маркс. Капитал, т. I, стр. 381.

весьма детальное, иногда же не совсем отчетливое описание отдельных машин, а изредка — и способа их действия. Только на рубеже научной революции и промышленного переворота, в 1724 г., был опубликован первый том энциклопедического творения Лейпольда «Theatrum machinarum generale», в котором автор отходит от общепринятого плана подобного рода сочинений и пробует подойти к научному описанию машин.

И все же если не фундамент, то во всяком случае краеугольный камень науки о машинах был заложен в эпоху научной революции. Длинный ряд наблюдений, усовершенствований, теорем, идей еще не создал науки, но образовал своеобразные «точки накопления», которыми с успехом воспользуются ученые XVIII столетия.

Возвратимся еще раз к теории Декарта об уподоблении живых существ машинам. Самое появление этой теории служит косвенным доказательством того, что какая-то из сторон предполагаемого тождества не была еще изучена и была известна лишь поверхностно. В эпоху Декарта, как мы видели, не было ясного понимания сущности машины и последняя характеризовалась лишь по некоторым проявлениям своей работы. Вместе с тем не была ясна и сущность живого существа, ибо учение о развитии, происхождении видов, размножении еще не возникло. Таким образом, две стороны предполагаемого равенства (или скорее тождества) сравнивались по подобию некоторых параметров, которым приписывалось преимущественное (или даже абсолютное) значение. Поэтому вывод о тождестве между живым существом и машиной, с нашей точки зрения, является неправомочным, так как тождества здесь нет. Однако является спорным, можно ли нашу точку зрения применять к эпохе, которая обладала суммой знаний, значительно отличающейся от нынешней. Ведь мысль Ленина о развитии познания по спирали подчеркивает положительный характер суммы знаний каждой эпохи. Утверждение Декарта о подобии человека и машины имело право на существование в свое время, поскольку оно явилось исходным пунктом для ряда новых научных теорий и исследований и, таким образом, наряду с отрицательной стороной приобрело в течение известного времени новое и положительное значение.

Аналогичное, по всей видимости, явление происходит в наше время по сходному поводу, но на более высоком

уровне. И в произведениях, относимых к так называемой научной фантастике, и в очень серьезных специальных исследованиях опять начинает проводиться мысль о некоем тождестве машины (теперь уже кибернетической) и человеческого мозга. Эта мысль, в определенной степени напоминающая логические построения Декарта, невольно заставляет предположить, что опять возникло некое непонимание сущности машины или физиологических и психологических функций человека, а может быть, тех и других вместе. Не отрицая многоплановой полезности подобных теорий, развитие которых несомненно может дать (и даст) весьма существенное пополнение человеческого знания, мы тем не менее вправе считать, что, в частности, теория машин, включающая новые машины, возникающие на наших глазах, нуждается в очень глубокой обработке.

При этом станет понятной и механистическая одухотворенность Декарта, стремившегося найти и обосновать в эпоху создания новой науки положение о единстве всего сущего.

ФЕРМА, ТОРРИЧЕЛЛИ,
РОБЕРВАЛЬ

Среди прославленных представителей физико-математических наук в XVII в. особо выделяются благодаря сочетанию исключительных дарований и значительности исторической роли имена Галилея, Декарта, Гюйгенса, Ньютона и Лейбница. Но рядом с ними, их оттеняя и дополняя, стоят первоклассные мыслители, которые в своих высших достижениях приближались к самым великим и могли соперничать с ними. Ферма, Торричелли и Паскаль должны быть названы сразу за теми, кто входит в «большую пятерку». За ними, несколько уступая им, следует Роберваль.

В статье о Ферма, Торричелли и Робервале значительное место уделено биографическому элементу, что обусловлено главным образом меньшей известностью этих ученых русскому читателю.

ПЬЕР ФЕРМА

Долгое время о жизни Ферма не было известно почти ничего. Знали только, что он жил в Тулузе, и считали без всяких к тому оснований, что он и родился и умер в Тулузе. В 40-х годах XIX в. в архивах небольшого городка Бомона нашли такую запись: «Пьер, сын Доминика Ферма, буржуа [т. е. горожанина.— Л. Ф.] и второго консула города Бомона, крещен 20 августа 1601 г. Крестный

отец — Пьер Ферма, купец и брат названного Доминика, крестная мать — Жанна Казнюв, и я». Запись не подписана, но предыдущая имеет подпись; «Дюма, викарий»*.

Бомон, о котором идет речь, — а во Франции около тридцати Бомонов, — расположен на левом берегу Гаронны. Это маленький городок — в нем и сейчас не больше 5 тысяч жителей.

Глава семьи Ферма пользовался в городе уважением. Он был купцом, торговал кожевенными товарами.

Пьер учился в Бомоне у францисканцев, а заканчивать образование уехал в Тулузу, ближайший университетский город. Об университетских годах Пьера ничего неизвестно, неизвестны и его учителя. Можно лишь предполагать, что образование он получил основательное; его познания поражали современников и широтой и разносторонностью.

Ферма окончил юридический факультет, и, надо думать, он выбрал факультет не случайно. Его мать происходила из семьи, в которой было много юристов, так что юный Ферма вращался в «судейской» среде. По окончании университета он с успехом занялся адвокатурой. Однако он никогда не мог ограничить круг интересов только своей профессией. Работа над древними авторами и все усиливающийся интерес к математике занимали его свободное время.

Уже в 1629 г. он справился с задачей своеобразной и трудной.

В его распоряжении был латинский перевод (выполненный Коммандином) математических работ Паппа. В этих работах содержался краткий пересказ предложений Аполлония. Ферма задался целью восстановить ход рассуждений знаменитого автора и исполнил свое намерение. Одновременно с занятиями математикой Ферма продолжает глубокое изучение классической филологии. Эти занятия не были мимолетным увлечением. О том свидетельствуют многочисленные работы, относящиеся к текстам древних авторов.

Один из комментариев Ферма к письму Синезиуса (к его учительнице Гипатии) помещен в «Oevres» (v. I,

* G. Libri, Sur la vie et les manuscrits de Fermat. «Journal des Savants», XI, 1845, p. 682—694.

** Oevres de Fermat. Paris, 1891—1922. Изд. П. Таннери и Ш. Аври. В дальнейших ссылках «Oevres», с указанием тома и страницы. Отсюда же взяты и рис. 1—4.



ПЬЕР ФЕРМА
(1601—1665)

р. 362—365) **. Там же (стр. 366—372) помещены замечания Ферма на книгу Полиена. Есть и образец поэтического творчества Ферма (стр. 390—393). Ферма с равной легкостью писал стихи на родном, латинском и испанском языках.

К 1629 г. (об этом сообщает Ферма в письме к Робервалю) относится и одно из капитальных открытий Ферма — метод отыскания максимумов и минимумов (к этому мы еще вернемся). Адвокатская деятельность была успешной, но Ферма все же решает перейти на государственную службу. В 1631 г. актом от 14 мая он был зачислен на должность чиновника кассационной палаты Тулузского парламента и здесь прослужил всю жизнь. Этот парламента не имеет ничего общего с выборным законодательным органом государства. Парламентами во Франции назывались окружные судебные органы, учрежденные еще при Филиппе Красивом (1285—1314).

В 1631 г., после поступления в парламент, Ферма женился на Луизе де Лон, дочери советника того же парламента. Этим, может быть, и объясняется решение Ферма поступить на службу, и выбор места службы. Он имел пятерых детей: трех сыновей и двух дочерей. Старший — Самюэль-Клемент (1632—1690) и младший — Клэр были, как и отец, юристами, средний, Жан, выбрал духовную карьеру, обе дочери приняли монашество.

Ферма выезжал из Тулузы главным образом по служебным делам.

При жизни Ферма печатался редко, однако его достижения были широко известны современным ему математикам. Объясняется это обширной перепиской, которую вел Ферма. В числе его корреспондентов находим Роберваля, Мерсенна, Паскалей, отца и сына, Декарта, Каркави, Лалубера, Кавальери и Торричелли, Гюйгенса и др.

Первое сохранившееся письмо Ферма относится к 1636 г. К тому же году относится и его замечательное сочинение «Введение к плоским и телесным местам»*, где были даны основания аналитической геометрии на плоскости. Отметим, что «Геометрия» Декарта впервые опубликована годом позже, в лейденском издании «Рассуждения о методе». Таким образом, вопроса о взаимном влиянии этих двух работ не существует. Интересно отметить, что «Введение» Ферма ближе к современному изложению, чем сочинение Декарта.

В небольшом вступлении говорится, что если уравнение содержит два неизвестных, то уравнение описывает некоторое место — прямую или кривую. Ферма придерживается классификации мест по древнему образцу: прямая и окружность включаются в «плоские места», прочие конические сечения — в «телесные места», остальные — в «линейные места». «Введение» рассматривает только первые две группы мест.

Далее Ферма подчеркивает, что графическое изображение двух неизвестных, связанных данным уравнением, дает весьма наглядное представление этого уравнения. Для этой цели надо одно из неизвестных отложить на выбранной неподвижной прямой, а к концу отрезка, изображающего это неизвестное, пристроить под данным углом (Ферма замечает, что этот угол он в большинстве случаев

* «Ad locos planos et solidos isagoge». См.: Oevres, v. I, p. 91—109.

выбирает прямым) второе неизвестное. В изложении нет упоминания ни о второй оси, ни об отрицательных величинах.

После такого общего введения автор переходит к выводу уравнений прямой линии и конических сечений. При этом необходимо помнить, что Ферма, неизменный последователь Виета, следует обозначениям последнего: у него всегда гласные буквы соответствуют неизвестным, согласные — данным.

Пусть NZM — данная по положению прямая *. N — фиксированная точка и NZ — отложенное на этой прямой одно из неизвестных. ZI — проведенное под данным углом второе неизвестное (рис. 1).

Если $DA = BE$ (в обозначениях Декарта это равенство имело бы вид $Dx = By$; Ферма, верный Виету, записывает выражение более устарелым способом:

$$D \text{ in } A \text{ aequitur } B \text{ in } E),$$

то точка I описывает прямую.

Ферма рассматривает затем наиболее общее уравнение прямой $P - Dx = By$, которое у него имеет вид

$$Z_{pl} - D \text{ in } A \text{ aequitur } B \text{ in } E.$$

Z , согласно обозначениям Виета, величина данная Она должна иметь размерность площади, если у D и A (B и E) размерности линейные — таково требование однородности, которое неуклонно соблюдали древние и их последователи, в том числе и Ферма.

Обозначение Z_{pl} (plano) должно указывать на размерность l^2 . По поводу последнего уравнения Ферма говорит: «Это — простое и первое уравнение, с помощью которого можно найти все прямолинейные места».

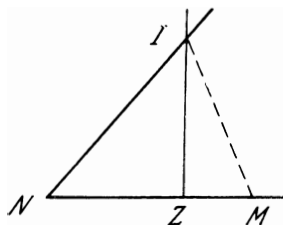
Мы покажем, как выводится уравнение гиперболы (в асимптотах). Относительно уравнения

$$A \text{ in } E \text{ aequitur } Z_{pl} \quad (\text{т. е. } xy = \text{const})$$

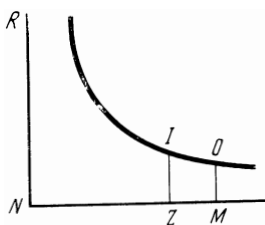
говорится, что в этом случае точка I описывает гиперболу. На рис. 2 проводим вторую асимптоту NR и берем на первом неизвестном A или x произвольную точку M . Под за-

* Oevres, v. I, p. 91.

данным углом, на данном чертеже — прямым, от точки M откладываем точку O , такую, что $NM \cdot MO$ (xy) равно заданной постоянной Z_{pl} . Следовательно, точка O принадлежит заданной гиперболе. Если понимать выражение «прямоугольник NMO » как площадь прямоугольника $NM \cdot MO$, то следующее выражение не требует пояснений: «et fiat



Р и с. 1



Р и с. 2

rectangulum NMO aequale Z_{pl} . Per punctum O , circa asymptotos NR , NM describatur hyperbole*.

Этот пример из «Введения в плоские и телесные места» показывает, насколько близко изложение Ферма к современному пониманию элементов аналитической геометрии.

Вообще, основное содержание «Введения» состоит в доказательстве следующего положения: «Если ни одна из неизвестных (в данном уравнении) не имеет степени выше второй, то будет плоское либо телесное место», т. е. уравнение описывает либо прямую, либо коническое сечение**.

Ферма ближе, чем кто-либо из его современников, подошел к современным методам отыскания экстремума и проведения касательной. Прием, разработанный Ферма, есть прямой и непосредственный предшественник дифференциального исчисления. Даламбер даже признавал Ферма изобретателем дифференциального исчисления. В «Энциклопедии» он писал «[у Ферма встречаем] первое при-

* «и прямоугольник NMO будет равен Z_{pl} . Точкой O описывается гипербола относительно асимптот NR и NM ».

** По поводу вопроса о том, что у Ферма является вполне самостоятельным, а чем он обязан своему глубокому знанию древних и в первую очередь Архимеда, Аполлония и Паппуса, отсылаем к Цейтену (См.: Г. Г. Цейтен. История математики в XVI и XVII веках. М.—Л., 1933, стр. 190).

ложение дифференциалов для нахождения касательных». В лекциях по исчислению функций Лагранж назвал Ферма «первым изобретателем новых (т. е. Лейбницевых.— Л. Ф.) исчислений».

Важнейшим источником для ознакомления с методом Ферма служит его записка «Метод отыскания максимумов и минимумов»*. Эту записку он отправил Декарту. О ней речь будет немного ниже.

Вот как описывает автор свой прием.

«Допустим, что A представляет собою какую-либо исследуемую величину — поверхность или тело или длину в соответствии с условиями задачи и максимум или минимум выражается членами, содержащими A в каких-либо степенях. Затем величину, которая прежде была A , принимаем за $A + E$ и снова находим максимум и минимум через члены в тех же степенях. Эти два выражения приближенно приравниваем (по Диофанту)** одно другому. Одинаковые члены в обеих частях равенства отбрасываем, оставшиеся делим на E или на его степень так, чтобы хотя бы один из членов не содержал E . После этого члены, содержащие E , уничтожаются, и оставшиеся члены приравниваем друг другу. Решение уравнения дает A , соответствующее максимуму или минимуму».

Вслед за описанием изобретенного им способа автор дает пример его применения: разделить отрезок AC в точке E так, чтобы прямоугольник $AE \times EC$ имел наибольшую площадь. Ферма решает задачу следующим образом. Пусть длина всего отрезка равна B , длина искомой части AE равна A . Тогда часть EC равна $B - A$ и площадь прямоугольника равна $A(B - A)$. Затем Ферма заменяет A на $A + E$, так что площадь оказывается равной $(A + E)(B - A - E)$. Оба выражения площади приравняются:

$$A(B - A) = (A + E)(B - A - E)$$

или

$$0 = -AE + BE - EA - E^2$$

Теперь согласно способу уравнение делится на E :

$$0 = -A + B - A - E$$

* «Methodus ad disquirendum maximum et minimum».

** Это выражение «adaequantur, ut loquitur Diophantus» страдает некоторой неясностью. См. об этом: Декарт. «Геометрия», М.—Л., 1938 (примеч. 150 и др. проф. А. П. Юшкевича).

и член, содержащий E , отбрасывается. Решение оставшегося уравнения $0 = -2A + B$ дает искомое значение A .

После этого простенького примера, имеющего чисто иллюстративное значение, приведем пример более сложный, а главное, взятый из работы Ферма по физике, т. е. такой пример, который показывает, как Ферма применял открытые им математические приемы в других, не математических областях, и демонстрирует таким образом силу и важность новой математики для всего естествознания. На стр. 194 нашего очерка указано, что Ферма решил задачу о преломлении света на границе двух сред с помощью задачи на отыскание минимума. Покажем, как это сделано (на русском языке эта работа Ферма не появлялась).

На рис. 4 (стр. 194) диаметр AB отделяет более плотную среду (нижний полукруг) от более легкой (верхний полукруг). Луч выходит из точки M , преломляется в точке N и попадает в точку H . Точки M и N даны. Дано также отношение сопротивлений, которые луч света испытывает при распространении в средах. А именно, в плотной среде сопротивление пропорционально отрезку DN , в более легкой, т. е. в области AMB , пропорциональна некоторому отрезку, скажем m , причем, согласно предположению Ферма, $m < DN$. Ферма желает доказать справедливость закона Декарта, т. е. пропорциональность синусов углов (падения и преломления) скоростям луча в средах. Пусть MN (или NH) равна n , $ND = b$; $DS = a$. Ферма ищет минимум выражения

$$nm + nb.$$

Пусть луч отклонится на достаточно малый отрезок NR и пойдет по пути $MN + RH$. Согласно взгляду Ферма указанное выражение не будет минимальным.

Введем, в соответствии с методом Ферма, достаточно малое отклонение e . В данном случае таким отклонением, очевидно, служит отклонение луча RN . Называем его e . Новый путь луча: $MR + RH$. Ищется способ определения точки H . Очевидно, это все равно, что найти основание S перпендикуляра SH . В свою очередь точка S определяется расстоянием до центра круга N . Итак, искомый отрезок — NS . Назовем его a .

Из треугольников MRN и NRH находим

$$MR^2 = MN^2 + NR^2 + 2DN \cdot NR$$

и

$$RH^2 = NH^2 + NR^2 - 2SN \cdot NR.$$

Переходя к введенным выше обозначениям и, подставляя в выражение $nm + nb$, приходим к новому выражению

$$MR \cdot m = \sqrt{m^2n^2 + m^2e^2 + 2m^2be}$$

и

$$RH \cdot b = \sqrt{b^2n^2 + b^2e^2 - 2b^2ae}.$$

Теперь надо приравнять (как бы приближенно) старое и новое выражения

$$\begin{aligned} nm + nb &= \sqrt{m^2n^2 + m^2e^2 + 2m^2be} + \\ &+ \sqrt{b^2n^2 + b^2e^2 - 2b^2ae}. \end{aligned}$$

Здесь Ферма прекращает вычисления, ограничиваясь тем, что снова перечисляет те действия, которые надо произвести над полученным уравнением. Это и не удивительно. Письмо к де ла Шамбру, в котором помещена эта задача, писано в конце 1661 г., а метод отыскивания минимума опубликован на двадцать лет раньше — Ферма ссылается на книгу Эригона (об этом см. ниже).

Если продолжить вычисления, т. е. упростить уравнение, разделить все члены на e , отбросить члены, в которых e осталось, то в конце концов приходим к уравнению, выражающему искомую величину a через m

$$m^2 - ab = ma - mb,$$

откуда получаем

$$a = m,$$

что и доказывает справедливость закона или, как выражается Ферма, «теоремы Декарта»: отношение синусов углов (они выражаются отрезками $DN=b$ и $NS=a$) равно отношению скоростей.

Путь, предлагаемый Ферма, как легко видеть, именно тот, который приводит к формуле

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{f(x + \varepsilon) - f(x)}{\varepsilon} = 0.$$

Однако Ферма считает приращение e числом постоянным (хотя и произвольно малым), следовательно, не предполагает предельного перехода. Поэтому нельзя сказать,

что он изобрел дифференциальное исчисление. Но вполне справедливо, что он проложил путь, открывший применение дифференциального исчисления к анализу.

Правда, Кеплер раньше Ферма отметил то свойство точки экстремума, которое легло в основу метода исследования на максимум и минимум. Именно в «Новой стереометрии винных бочек» (1615, часть II, теорема V, добавление II) он поместил следующее замечание: «Фигуры, оканчивающиеся вблизи точки (максимума) по ту и другую стороны, очень мало изменяют свою вместительность, так как объем фигуры наибольший, а по обе стороны от места наибольшего значения убывание вначале нечувствительно»*. Подчеркнутые слова давали основательный повод считать, что Ферма исходил из слов Кеплера, когда разрабатывал свой метод (первым высказал это предположение, кажется, Монтюклá). По свидетельству самого Ферма, он опирался на другое соображение: по обе стороны от точки экстремума функция проходит через одинаковые значения. Выше было приведено описание способа, данное самим Ферма. Из этого описания следует, что способ использует лишь необходимое условие экстремума. В дальнейшем Ферма рассматривал и достаточное условие, приближающееся к исследованию знака второй производной, как это практикуется и в настоящее время**.

Ферма применил свой метод для проведения касательных. Для начала он приложил его к параболе, чтобы сравнить результаты свои и Аполлония и продемонстрировать быстроту своего приема и простоту его применения. Впоследствии Ферма провел касательные к большому числу кривых.

Ферма умел находить точки перегиба. Для этой цели он отыскивал максимум угла наклона касательной к оси абсцисс***.

Основания анализа, предложенные Ферма, послужили причиной спора между ним и Декартом, спора, который не увеличил славу Декарта. Объяснение надо искать в том, что гнев — плохой советчик, а что именно гнев побудил

* И. Кеплер. Новая стереометрия винных бочек. М.—Л., 1935, стр. 245.

** Oeuvres (том дополнительный). Paris, 1922, p. 123.

*** Oeuvres, v. I, p. 166.

Декарта начать полемику, видно хотя бы из следующего отрывка (письмо Декарта Мерсенну, январь 1638 г.):

«...так как я узнал, что это тот самый человек, который перед тем пытался опровергнуть мою „Диоптрику“*, и так как Вы сообщили мне, что он послал это** после того, как прочел мою „Геометрию“ и в удивлении, что я не нашел ту же вещь, т. е. (как я имею основание его истолковать) послал это с целью вступить в соперничество и показать, что он в этом знает больше, чем я, и так как еще из Ваших писем я узнал, что за ним числится репутация весьма сведующего геометра, то я считаю себя обязанным ему ответить».

Итак, Декарт считает себя обязанным ответить потому, что человек «пытался опровергнуть мою „Диоптрику“», и еще потому, что этот человек хотел «показать, что он... знает больше, чем я». Ясно, что отзыв, вызванный такими побудительными причинами, имел слишком мало шансов, чтобы быть беспристрастным и глубоким.

Декарт направил это письмо Мерсенну после того, как получил от него (10 января 1638 г.) статью Ферма «Об отыскании максимумов и минимумов». Переписка велась через Мерсенна.

Полемика с Декартом продолжалась почти два года (1637—1638). Казалось бы, этого было достаточно, чтобы заполнить все свободное время человека, находящегося к тому же на государственной службе. Оказывается, нет. Как раз на 1636—1640 гг. приходится наиболее замечательные работы Ферма в совершенно другой области математики, не имевшей тогда ничего общего ни с анализом, ни с квадратурами (которыми Ферма тоже занимался). Речь идет о его работах по теории чисел.

Свои результаты Ферма сообщал обычно в письмах к многочисленным корреспондентам. Многие из них стали известны лишь в 1670 г., когда появилось издание «Арифметики» Диофанта с латинским переводом и комментариями Баше де Мезириака. Собственно, книга была издана еще в 1621 г., а в 1670 г. был переиздан экземпляр, принадлежавший Ферма. Что послужило тому причиной?

Дело в том, что Ферма помещал здесь же, на полях, свои замечания по тексту и мысли, возникавшие у него

* Об этом см. ниже, стр. 192.

** «Methodus ad disquerendum maximum et minimum».

при чтении задач Диофанта. Оказалось, что эти замечания содержат большой (может быть, не исчерпанный доныне!) запас теоретико-числовых идей. Известна так называемая «Великая теорема Ферма...»

$$x^n + y^n = z^n.$$

Простая на вид, теорема сразу привлекла внимание математиков. Однако простота ее оказалась обманчивой. Около ста лет она стояла как совершенно неприступная крепость. Лишь Эйлеру удалось сделать первую, правда небольшую, брешь. Он доказал ее справедливость для $n=3$ и $n=4$. Следующее удачное наступление предпринял Дирихле, «взявший» $n=5$ и $n=14$; Ламé — $n=7$ и, наконец, Куммер, посвятивший теореме несколько десятков лет, доказал ее для большого числа значений n .

Конечно, у самого Ферма нет никакого уравнения (он вообще не знал знака равенства, которое он выражал словом «aequatur»). В замечании, расположенном против задачи Диофанта о разложении данного квадрата на два квадрата (*propositum quadratum dividere in duos quadratos*), он пишет: «*Cubum autem in duos cubos, aut quadratoquadratum in duos quadratoquadratos, et generaliter nullam in infinitum ultra quadratum potestatem in duas ejusdem nominis fas est dividere*» *. («Однако куб на два куба или квадратоквадрат на два квадратоквадрата и вообще никакую до бесконечности степень после (сверх) квадрата на две того же наименования степени разложить невозможно»). Запись имеет форму прямого возражения Диофанту, как если бы два человека вели непринужденную беседу. Выслушав Диофанта, сказавшего: «раздели на два квадрата предложенный квадрат», Ферма тут же возражает ему: «Куб, однако, на два куба либо четвертую степень на две четвертых, вообще любую»... и т. д. Где же доказательство невозможности? Доказательство Ферма не дает. Вслед за словами «*dividere*» он пишет: «*cujus res demonstrationem mirabilem sane detexi*», т. е. «я открыл поистине чудесное доказательство этого дела». Прекрасно. Что же мешает автору поделиться с нами? «*Hanc marginis exiguitas non caperet*». Вот так причина! «Недостаточная ширина этих полей [его] не вмещает». И все. Один биограф отвечает на это

* «*Diophanti Arithmetica, quertio*», VIII, libri II. В кн.: *Oevres*, v. I, p. 291.

Ферма: «Как будто не хватало бумаги, чтобы изложить доказательство в письме Робервалю или Френиклю!», давая тем самым понять, что Ферма не желал опубликовать доказательство. По-видимому, он прав. В XVII в. было принято опубликовывать результаты, приглашая математиков отыскивать соответствующие доказательства. Декарт открыто писал, что он не сообщает доказательства, дабы математики получали удовольствие, находя их самостоятельно. «И чем труднее доказательство, тем больше будет удовольствие того, кто это доказательство найдет». Многие, в том числе и очень крупные математики, в отчаянии утверждали, что Ферма не имел доказательства.

Среди теорем, помещенных в замечаниях на полях Диофантовой «Арифметики», есть ошибочная:

$$\langle 2^{2^n} + 1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \rangle$$

есть число простое».

Следующая таблица содержит числа, соответствующие первым значениям n :

$n = 0$	1	2	3	4	5	...
3	5	17	257	65537	4294967297	...

Ферма проверил свое утверждение при $n = 0, 1, 2, 3, 4$ и заключил, что оно справедливо при всех n . Но Эйлер обнаружил, что уже при $n = 5$ получается число составное. Оно делится на 641. Казалось бы, этот факт должен вызвать недоверие к утверждениям Ферма. Но дело в том, что он никогда не утверждал, что располагает доказательством этой теоремы. Таким образом, хотя Ферма иногда упрекали в хвастливости (Декарт однажды сказал: «Г-н Ферма — гасконец. Я — нет»), но что касается существа дела, то в этом отношении он всегда считался человеком безупречной честности.

Из весьма ценных достижений Ферма приведем еще следующее: «Если p число простое и m не делится на p , то

$$m^{p-1} - 1$$

делится на p ». Это утверждение иллюстрирует таблица, составленная, например, для $m = 5$.

$p =$	2	3	4	5	6
$5^{p-1} - 1 =$	$5^{2-1} - 1 = 2 \cdot 2$	$5^{3-1} - 1 = 3 \cdot 8$	—	—	—
$p =$	7	8	9	10	11
$5^{p-1} - 1 =$	$5^{7-1} - 1 = 7 \cdot 2232$	—	—	—	$5^{11-1} - 1 =$
					$= 11 \cdot 88778$

Закончим эту краткую экскурсию в теоретико-числовые работы Ферма еще одной весьма известной теоремой. Она найдена автором в 1660 г., помещена в VII замечании к книге Диофанта и относится к комментарию Баше (XXII задача книги III; Oeuvres, v. I, p. 293). «Каждое простое число вида $4n + 1$ представляется в виде суммы двух квадратов единственным образом (semel)». Первое доказательство опубликовал Эйлер в 1754—1755 г. в V томе «*Novi Commentarii*» Петербургской академии наук, когда жил в Берлине. В настоящее время теорема имеет несколько доказательств.

В начале 40-х годов Ферма уже располагал вполне развитым методом для вычисления квадратур парабол вида $x^p = Ay^q$ и гипербол $x^p y^q = C$, что следует из его переписки с Робервалем. Поэтому, когда Кавальери запросил (через Мерсенна) в 1644 г. мнение Ферма о квадратурах, выполненных Кавальери, Ферма было нетрудно вскоре же ответить ему (тоже через Мерсенна) письмом, содержащим основные достижения Ферма в области квадратур. В этом письме доказательства отсутствуют. Они помещены в записке с длинным названием «О преобразовании уравнений мест... в применении к параболом и гиперболам» («*De aequationum localium transmutatione... parabolis et hyperbolisus*» *). Техника интегрирования Ферма хорошо иллюстрируется на примере вычисления площади гиперболы.

План вывода следующий. Во-первых, площадь, ограниченная гиперболой, разбивается на узкие параллельные полости EH , IO и т. д. (рис. 3). Во-вторых, эти полоски заменяются прямоугольниками, как показано на чертеже. Далее доказывается, что площади этих прямоугольников образуют бесконечно убывающую геометрическую прогрессию, и находится сумма этой прогрессии. Остается перейти к пределу, когда площадь элементарного прямоугольника стремится к нулю, и получаем точное выражение для площади фигуры, ограниченной дугою гиперболы. Ясно, что основой вывода является доказательство того, что площади прямоугольников образуют геометрическую прогрессию. Приводим вывод Ферма.

Пусть FD такое место, что $\frac{GE}{HI} = \frac{AH^2}{AG^2}$, что $\frac{HI}{ON} = \frac{AO^2}{AH^2}$ и т. д. (т. е. рассматривается гипербола вида $x^2 y = \text{const}$,

* Oeuvres, v. III, p. 216.

гипербола $xy = \text{const}$ интегрируется другим способом, так как интеграл приводит к логарифму). Разбиваем ось AR так, что отрезки AG ; AH ; AO ; ... образуют геометрическую прогрессию с знаменателем $\varepsilon > 1$. Положим, что элементарная трапеция $GHIE$ приближенно равновелика прямоугольнику $CH \cdot GE$, трапеция $HONI$ — прямоугольнику $HO \cdot HI$ и т. д. Пусть

$$\frac{AG}{AH} = \frac{AH}{AO} = \frac{AO}{AM} = \dots = \frac{1}{\varepsilon}.$$

Требуется доказать, что прямоугольники EGH , IHO , NOM , ... образуют геометрическую прогрессию.

Площади EGH и IHO равны соответственно $GE \cdot GH$ и $HI \cdot HO$, следовательно, отношение площадей $\frac{GE \cdot GH}{HI \cdot HO}$.

Но, по свойству пропорций,

$$\frac{AG}{AH} = \frac{GH}{HO} = \frac{HO}{OM} = \dots,$$

поэтому $\frac{GE}{HI} \cdot \frac{GH}{HO} = \frac{GE}{HI} \cdot \frac{AG}{AH}$,

но заданная гипербола такова,

что $\frac{GE}{HI} = \frac{AH^2}{AG^2}$ и преды-

дущая пропорция переходит в

$$\frac{AH^2}{AG^2} \cdot \frac{AG}{AH} = \frac{AH}{AG} = \varepsilon > 1.$$

Следующие прямоугольники дадут попарно то же отношение ε . Отсюда вытекает, что ряд площадей прямоугольников образует геометрическую прогрессию с знаменателем $1/\varepsilon$, меньшим, чем 1. Значит, возможно суммирование площадей прямоугольников.

Для того чтобы провести переход к пределу более выразительно, чем это сделано у Ферма, который почти не пользуется алгебраической символикой, переведем вторую половину его вывода на язык алгебры.

Пусть

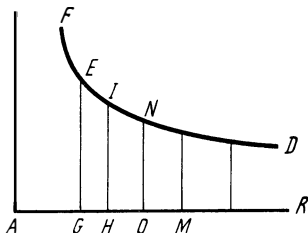
$$AG = x_0 \quad GE = y_0$$

$$AH = x_1 \quad HI = y_1$$

$$AO = x_2 \quad ON = y_2$$

Пропорции заданной гиперболы принимают вид:

$$\frac{y_1}{y_0} = \frac{x_0^2}{x_1^2} \quad \text{или} \quad yx^2 = \text{const.}$$



Р и с. 3

Пусть, далее,

$$x_1 = x_0\varepsilon; \quad x_2 = x_1\varepsilon = x_0\varepsilon^2; \quad \dots \quad x_n = x_0\varepsilon^n; \quad \dots$$

Отсюда основания прямоугольников:

$$\begin{aligned}x_1 - x_0 &= x_0(\varepsilon - 1) \\x_2 - x_1 &= x_0\varepsilon(\varepsilon - 1) \\x_3 - x_2 &= x_0\varepsilon^2(\varepsilon - 1) \\x_{n+1} - x_n &= x_0\varepsilon^n(\varepsilon - 1).\end{aligned}$$

Как и следовало ожидать, $\Delta_n x = x_n - x_{n-1} \rightarrow 0$ при $\varepsilon \rightarrow 1$. Первый член прогрессии равен площади прямоугольника EGH или $y_0(x_1 - x_0)$; знаменатель прогрессии известен: $1/\varepsilon$. Сумма прогрессии

$$S = \frac{y_0(x_1 - x_0)}{1 - \frac{1}{\varepsilon}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} y_0 x_0 (\varepsilon - 1).$$

После сокращения на $\varepsilon - 1$ и перехода к пределу при $\varepsilon \rightarrow 1$ получаем сумму $x_0 y_0$, которую Ферма выражает, конечно, геометрически, как площадь прямоугольника с данной высотой GE и основанием AG . Если принять в уравнении гиперболы $\text{const} = 1$, то результат Ферма выразится в виде интеграла (несобственного сходящегося)

$$\int_{x_0}^{\infty} \frac{dx}{x^2} = \frac{1}{x_0}.$$

По поводу этого равенства следует сделать два замечания.

Известно, что Архимед находил квадратуры тоже разбиением площади на параллельные полоски, но его полоски были равной ширины и образовывали арифметическую прогрессию, и в этом отличие метода Ферма от метода его учителя. Второе замечание относится к верхнему пределу интегриации.

Когда Торричелли применял метод неделимых, впервые вычислил несобственный интеграл (объем «острого гиперболоида»), это произвело настоящую сенсацию. Мы видим, что несобственные интегралы вычислялись Ферма совершенно естественно, причем таким путем, какой непосредственно приводит к определенному интегралу Ньютона — Лейбница. Помимо многочисленных, порой весьма

сложных квадратур, Ферма осуществлял и кубатуры и ректификации* и определение координат центров тяжести. Короче говоря, он занимался самыми актуальными задачами математики своего времени.

Нередко в исторических работах можно встретить выражение: «он пролагал новые пути». Несомненно, что о Ферма можно сказать то же. Попытаемся раскрыть конкретное содержание этого выражения в применении к Ферма. Сравним для этого методы квадрирования у Ферма и, например, у Кеплера и Кавальери. Это сравнение показывает, насколько он продвинулся вперед, скажем, в технике интегрирования. Кеплер, как и Ферма, делит фигуру на элементы настолько мелкие, что каждый элемент можно (приближенно) приравнять какой-нибудь фигуре с известной площадью, например треугольнику. Но в то время как Кеплер геометрическую задачу приводит к геометрической, Ферма приводит ее к задаче алгебраической, к суммированию геометрической прогрессии. Правда, рассуждения Ферма по форме — ортодоксально-геометрические, но за этой формой без всякого труда различается алгебраическое содержание. Вот здесь-то и проявляется с особенной ясностью, что Ферма пролагал новые пути. Можно в известном смысле говорить, что он продолжил дело Кеплера. Он использовал понятие бесконечно малого, как это делал Кеплер. Он их суммирует, как Кеплер, и переходит к пределу. Сходство большое, но не менее того и различие. Во-первых, Ферма пользуется системой координат — новым средством, автором которого он сам и является. Во-вторых, он составляет интегральную сумму в точности так, как впоследствии это стали делать в интегральном исчислении. Эти два отличия техники Ферма от техники Кеплера имеют огромное значение: они переводят геометрическую задачу (вычисление площади фигуры, объема тела и т. д.) на аналитический язык и таким образом подготавливают возможность применения анализа к задачам интегрального исчисления. Невольно возникает вопрос: не является ли именно Ферма изобретателем интегрального исчисления? На это приходится ответить отрицательно. Ферма, надо отдать ему должное, значительно продвинул вычисление

* «De linearum curvarum cum lineis rectis comparatione» («О сравнении кривых линий с прямыми»). См.: Oevres, v. I, p. 211—254. Первая публикация — Тулуза, 1660.

квадратур, но пользовался приемом, который не мог привести к исчислению: он вычислял пределы интегральных сумм. Этот способ требует изобретения нового приема при интегрировании каждой новой функции. Следовательно, об определенном, единообразном алгоритме не может быть и речи.

Еще яснее новаторская роль Ферма в таких задачах из области анализа, как задачи на максимум и минимум, на отыскание точки перегиба, на проведение касательной и нормали. Известно, что некоторые задачи на отыскание экстремума решены еще древними, например Евклидом, Аполлонием, Паппом. В своей «Стереометрии винных бочек» Кеплер решил задачу о максимальном объеме тела вращения определенной формы; можно привести еще немало примеров из работ предшественников и современников Ферма. Но его способ, сводящийся к вычислению выражения

$$\frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

с последующим приравниванием полученного результата к нулю, принадлежит только ему. Правда, это еще не формула дифференциального исчисления, потому что h — величина не бесконечно малая. Это — величина постоянная, хотя и очень малая; нет и предельного перехода, потому что нет процесса $h \rightarrow 0$. Тем не менее прямая связь между способом Ферма и современным способом анализа очевидна. Вот отзыв Лагранжа о способе Ферма и о связи с современным анализом: «Итак, легко видеть с первого взгляда, что метод дифференциального исчисления дает тот же результат, так как основа та же, и что члены, которыми пренебрегают в дифференциальном исчислении, — это те, которые Ферма полагает равными нулю». Дальше Лагранж говорит: «Но геометры-современники Ферма — не поняли этого нового рода исчисления. Они усмотрели лишь частные случаи. И это изобретение, которое появилось незадолго перед «Геометрией» Декарта, оставалось бесплодным в течение около сорока лет. Наконец, И. Барроу подставил количество бесконечно малое вместо того, которое, по Ферма, надо положить равным нулю, и в 1674 г. опубликовал свой метод касательных, не что иное, как построение Ферма, но только с помощью бесконечно малого треугольника». Эти высказывания Лагранжа уста-

навливают приоритет Ферма и одновременно указывают тот путь, который ведет от него к Лейбницу. Между прочим, долгое время не имелось никаких свидетельств ни в пользу того, что Ньютон испытал влияние Ферма, ни в защиту противоположного мнения. Только в 1934 г. было опубликовано письмо Ньютона, в котором он недвусмысленно говорит, что намек на метод дифференциального исчисления он извлек, изучая метод касательных Ферма.

Усиленные и плодотворные занятия математикой не мешали Ферма исправно нести государственную службу. Ферма пользовался исключительным уважением как юрист-эрудит и как чиновник, свободный от малейших упреков в недобросовестности, например в использовании служебного положения. Неоднократно всплывал вопрос: как он успевал вести большую работу на службе и получать такие поразительные результаты в своих «частных» занятиях математикой? Французские историки отвечают на это таким образом, что высшим чиновникам провинциальных судов (парламентов) рекомендовалось вести замкнутую жизнь, избегая местного «общества», чтобы не давать пищи для сплетен. Действительно, известно, что Ферма вел довольно уединенный образ жизни, деля время между службой и письменным столом.

Время шло, приближалась старость. Ферма начал задумываться о судьбе своих работ. Печататься при жизни он не хотел. В то же время он не мог не понимать, что полученные им результаты имеют громадное значение для прогресса математики и что, рассеянные в письмах к знакомым, они могут затеряться и погибнуть для науки. После некоторых размышлений Ферма выбрал тех, к которым, как он считал, можно обратиться с таким предложением. В августе 1654 г. он пишет своему другу Пьеру Каркави, переехавшему в Париж, о том, чтобы он совместно с Блезом Паскалем после его, Ферма, смерти позаботился об издании его сочинений. Это предприятие не было осуществлено. Паскаль умер ранее Ферма, а Каркави, хотя и намного пережил своего друга (умер в 1684 г.), однако его желания не выполнил. И правда, как увидим, эта задача была слишком сложной, чтобы ее могло выполнить одно частное лицо.

В 1660 г. у себя в Тулузе Ферма все-таки издал мемуар, в котором излагал способ спрямления кривых с большим числом его применений «О сравнении кривых линий

с прямыми». К слову сказать, некоторые результаты Ферма помещали в свои книги с его согласия его друзья. Например, способ отыскания экстремума поместил Эригон в свой «Курс математики» (1642); Лалубер издал в Тулузе в 1660 г. труд «Развитие геометрии древних», где в одном из приложений находились некоторые результаты Ферма. Мерсенн в своих известных «Физико-математических размышлениях» («*Cogitata physico-mathematica*», Paris, 1644) поместил некоторые достижения своих современников, в том числе Роберваля и Ферма. Если принять во внимание, что несколько писем корреспонденты Ферма (Гассенди, Валлис) опубликовывали при его жизни, то можно считать, что некоторые методы (например, отыскание экстремумов и квадратуры) приобрели довольно широкую известность еще во время Ферма.

Мы вынуждены обойти молчанием многие работы Ферма, вернее, многие области математики, где Ферма столь же плодотворно трудился: например, его участие вместе с Б. Паскалем в основании совершенно новой ветви математики — теории вероятностей; его работы в области механики (статика), геометрии и т. д. Но есть одна область физики, где роль Ферма, без преувеличения, колоссальна.

Дело началось как будто с частного случая. Декарт послал Ферма свою «Диоптрику». Ферма ее раскритиковал. В частности, он подверг сомнению постулат, положенный, Декартом в основу вывода закона преломления («теоремы Декарта», как его называл Ферма). Именно Декарт принял за исходное положение, что свет в плотной среде распространяется «легче» или «испытывает меньшее сопротивление», т. е. скорость света в более плотной среде больше, чем в менее плотной. Ферма показался этот постулат противоречащим здравому смыслу. Он предположил прямо противоположное, т. е. что скорость света в более плотной среде меньше, чем в менее плотной. Сперва он решил задачу о преломлении света, исходя просто из этой гипотезы. Свою работу он послал в январе 1662 г. де ла Шамбру. Он исходил из следующего положения: «*resistencia medii rarioris sit minor resistencia medii densioris, ex axiomatico plur quam naturalis*»*.

* «*Analysis ad refractionis*». См.: *Oevres*, v. I, p. 170; франц. перевод: т. III, стр. 150.

(«Сопротивление более разреженной среды примем меньшим, чем сопротивление среды более плотной, как следует из предположения, более чем естественного»). Полагая такую гипотезу «plus quam naturalis», т. е. «более чем естественной», Ферма показывает, что путь луча, найденный Декартом, удовлетворяет важному экстремальному условию: время, потраченное лучом на прохождение пути, минимально, т. е. меньше, чем лучу пришлось бы затратить на любой другой, бесконечно близкий к этому путь, ведущий от той же начальной точки к той же конечной. Здесь еще никакого нового принципа нет, а есть изящная задача на отыскание минимума, которую Ферма решает с применением собственного метода. Эта задача использована выше в качестве примера на максимум и минимум (см. стр. 180). Однако вскоре Ферма посылает де ла Шамбру (февраль 1662 г.) новую статью, под названием «Синтез для рефракции»*. Эта работа базируется на совершенно других основаниях. Если предыдущая опиралась на частную гипотезу, относящуюся к скорости света в различных средах, то теперь та же задача, т. е. вывод закона преломления, выводится на основе совершенно нового принципа. Во-первых, это принцип общий, он не говорит ни о свете или о каком-нибудь другом теле или виде энергии, а только о природе и ее общем свойстве; во-вторых, этому принципу суждено было сыграть выдающуюся роль именно благодаря своей общности. Он вошел в естествознание под именем принципа Ферма, или принципа наименьшего времени, и явился первым из обширного семейства вариационных принципов физики. Статья «Синтез для рефракции» начинается прямо с выпада против Декарта:

«Ученейший Декарт предложил закон преломления, который, как считают, согласуется с опытом, но, чтобы доказать его, он выдвинул постулат,.... что движение света в плотной среде происходит более легко и беспрепятственно, чем в редкой, что, как кажется, противоречит естественным фактам».

Далее следует сам постулат, который впоследствии получил наименование принципа Ферма или принципа наименьшего времени: «Природа действует наи-

* «Syntesis ad refractionem». См.: Oeuvres, v. I, p. 173; франц. перевод: т. III, стр. 153.

более легкими и доступными путями»*. Ферма специально оговаривает, что он подразумевает именно наиболее легкий, а не кратчайший путь: «...а не так, как это принято обычно говорить, что природа всегда действует по кратчайшим линиям». Ферма говорит далее, что как Галилей измерял движение тяжелых тел не расстоянием, а временем, так и он будет характеризовать проходимый лучом путь не его длиной, а затраченным на этот путь временем. Далее он обращается к чертежу (рис. 4). Прямая AB отделяет более легкую среду (верхний полукруг) от более плотной (нижний полукруг). Согласно предположению Ферма, противоположному «постулату ученойшего Декарта», скорость света в верхней среде больше, чем скорость в нижней, более плотной. Пусть свет выходит из точки M и попадает в точку N , проходя по радиусу круга MN . Требуется найти точку H , куда приходит луч после преломления в точке N , т. е. в точке, принятой за центр описанной окружности. Ясно, что $MN = NH$. Пусть

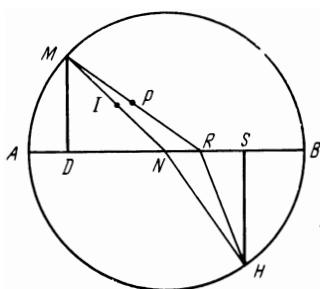


Рис. 4

$$\frac{V_{MN}}{V_{NH}} = \frac{MN}{NI},$$

тогда время пробега луча

$$\frac{t_{MN}}{t_{NH}} = \frac{IN}{NH};$$

если взять другой путь $MR + RH$, то

$$\frac{t_{MR}}{t_{RH}} = \frac{PR}{RH}.$$

Отсюда легко получить, что времена прохождения по путям $MN + NH$ и $MR + RH$ относятся, как $IN + NH$ к $PR + RH$. Если путь $MN + NH$ есть тот, который указывается законом преломления Декарта, то время, пропорциональное сумме $IN + NH$, есть наименьшее. Следовательно, требуется доказать

$$RP + RH > IN + NH.$$

Ферма дает довольно громоздкое доказательство этого положения, Гюйгенс в своем «Трактате о свете» привел бо-

* Сб. «Вариационные принципы механики». М., 1959, стр. 7.

лее короткое доказательство, чисто геометрическое, как и доказательство Ферма.

Выше уже говорилось, что принцип Ферма сыграл громадную роль в развитии вариационных методов в физике (и механике). В сущности, принцип Ферма означает, что вариация интеграла Ферма равна нулю:

$$\delta \int_{P_1}^{P_2} \frac{ds}{v} = 0.$$

Влияние этого принципа прослеживается вплоть до наших дней. Им руководствовались де Бройль и Шредингер в своих работах по волновым свойствам материи*.

Вскоре после переписки с де ла Шамбром Ферма закончил свой земной путь. Это произошло в небольшом городке Кастре (неподалеку от Тулузы), куда он ездил по служебным делам. 10 января 1665 г. он завершил в Кастре ведение процесса, а 12-го скончался.

ЭВАНДЖЕЛИСТА ТОРРИЧЕЛЛИ

Торричелли родился 15 октября 1608 г. в Фаэнце.

Семья Гаспарэ Торричелли была не очень богатой. Глава семьи умер, когда дети были совсем маленькими. Заботу о них взял на себя брат отца, настоятель монастыря св. Джованни в Фаэнце, ффра Джакопо (в миру Алессандро). В 1624 г. он поместил Эванджелисту в незадолго до того открытую иезуитами школу, где преподавание было, конечно, чисто схоластическим. Математика здесь излагалась главным образом по древним: Евклиду, Архимеду, Аполлонию и др. с присовокуплением некоторых новых имен (Регiomонтанус, Лука Пачиоли). Выдающиеся успехи Эванджелисты сделали то, что дядя отправил племянника в Рим, в университет (Sapienza), поручив его заботам Бенедетто Кастелли. Кастелли сыграл немалую роль в судьбе Торричелли. Он был, как и Джакопо, бенедиктинским монахом. В годы учения Торричелли ему было уже за пятьдесят. Кастелли был учеником Галилея и его непоколебимым приверженцем; познакомился он с Галилеем в Падуе ранее 1604 г. и, начиная с 1611 г., проводил с Галилеем и под его руководством астрономические наблюдения. «Nuncius sidereus» вышел в 1610 г., но исследование светил продолжа-

* См. сб.: «Современная квантовая механика». М., 1934, стр. 48.

лось и после того; так, в 1613 г. были изданы «Письма о солнечных пятнах». В 1613 г. Кастелли переехал в Пизу, где был профессором математики; в Пизе он обучал будущего великого математика и своего преданного ученика Бонавентуру Кавальери. Кастелли, как большинство крупных математиков того времени, не избегал инженерных работ. Он имел репутацию большого специалиста по вопросам гидравлики. Папа Урбан VIII привлекал его в качестве консультанта по гидравлике. По-видимому, он произвел на папу благоприятное впечатление, так как последний перевел его в Римский университет.

В Римском университете Кастелли оставался до своей кончины (1643). Его главный труд «О мере текущих вод» (1628) имел в свое время большое распространение и неоднократно переводился на другие языки. Исторической заслугой Кастелли является то, что он воспитал целую школу последователей Галилея, пропагандистов коперниканства и экспериментального метода в физике.

Итак, с 1626 г. Торричелли — студент Римского университета. Учитель уделяет ему много внимания не только потому, что Торричелли отдан под его покровительство. Среди очень способных его учеников, таких, как Маджиотти, Риччи, Вивиани, Торричелли выделяется и вскоре становится другом учителя, несмотря на большую разницу в годах, а затем и его секретарем. Он много и усердно учится. Дело это тогда было не из легких, так как единственными пособиями были первоисточники. И Торричелли под руководством Кастелли изучает классиков, начиная с Евклида. Когда подготовка учеников достигла нужной глубины, Кастелли стал приобщать их к актуальным проблемам науки. Крупнейшим ученым был в то время Галилей, и, конечно, изучались его работы. Кастелли выбрал лучших учеников — Торричелли и Маджиотти, и приступил с ними к изучению трудов Галилея. Летом 1632 г. он сообщает Галилею в одном из писем: «Часто наслаждаюсь беседой с синьором Рафаэлем Маджиотти из Монтеварки и синьором Эванджелиста Торричелли... Оба мужа ученейшие (*eruditissimi*) в геометрии* и астрономии, поставленные уже мною на хорошую дорогу». Что же было предметом их бесед? Они читали и обсуждали, например, «Диалог о двух

* В XVII в. (и позже) геометрией именовали всю «чистую» математику. Каким образом ученики Кастелли делались сведущими в астрономии, станет ясно немного дальше.

системах мира» с большим удовлетворением и удовольствием, так что автору не оставалось желать ничего лучшего.

Цитированное письмо Кастелли относится к 1632 г. Уже прошло шесть лет университетского учения Торричелли. Ему 24 года — возраст, когда способности ученого разворачиваются в полную силу. С чем же покидал Торричелли университет? Какими знаниями он владел? Ответ находим хотя бы в письме Торричелли к Галилею от 11 сентября 1632 г. Письмо отправлено при следующих обстоятельствах. Торричелли, будучи секретарем своего учителя, в отсутствие последнего вскрывал письма, адресованные ему, и писал ответы. Таково было распоряжение Кастелли, о чем Торричелли сообщал Галилею. 1632 год был тяжелым годом для Галилея. В январе вышел из печати «Диалог о двух системах мира»; это послужило причиной новой вспышки ненависти аристотеликов и церковников. Галилей, можно предположить, писал Кастелли по поводу «Диалога» и связанных с ним забот. Письмо до нас не дошло, зато ответ Торричелли сохранился. После приветствий, выраженных в самом почтительном тоне, после объяснений, почему пишет он, а не Кастелли, автор письма сообщает, что Кастелли является горячим защитником «Диалога» от всех противников его — начиная от самого папы. Особенно он отмечает аббата Шейнера. Надо отдать должное провицательности Кастелли, выделившего этого наиболее злобного врага из толпы остальных. Действительно, Шейнер приобрел известность в процессе Галилея 1633 г. Торричелли в этом письме рассказал кое-что учителю о себе. «Моя специальность — математика», — пишет он и добавляет, что учится у «досточтимого отца» уже шесть лет, а до того два года учился в иезуитской школе. Он сообщает, что изучил всю геометрию, Аполлония, Архимеда, Феодосия и что подробнейшим образом и постоянно изучает «Диалог» Галилея. Но изучение «Диалога» предполагает знание основ астрономии. Имеются ли они у ученика? Да, здесь все благополучно. «Математик, правда, еще молодой», как он себя называет, уже изучил «и Птолемея, и все работы Тисоне (Тихо Браге) и Кеплера и Лонгомонтана» (вероятно, Региомонтана). Наконец, и это — самое важное, Торричелли пишет, что большое число совпадений* привело его к Копернику. «По профессии и

* Т. е. соответствий выводов из учения Коперника и астрономических наблюдений.

по принадлежности к секте (*di professione e di setta*) я — галилеист».

Письмо говорит о научных знаниях Торричелли, об его склонностях, убеждениях, о принадлежности к галилеевскому кружку. Мы увидим, что звание галилеиста он носил с достоинством всю свою недолгую жизнь. Что же он представлял собой как человек? Какими данными располагал он для того, чтобы защищать свои научные убеждения и привлекать в свой лагерь новых сторонников?

По письмам и воспоминаниям можно судить, что Торричелли обладал большим обаянием, живостью речи, остроумием, склонностью к насмешке. С другой стороны, он был верен дружбе (примером могут служить его отношения к Б. Кавальери и В. Вивiani) и умел ценить расположение к нему людей, которых он уважал. К таким людям следует отнести прежде всего Галилея и Дж. Чиамполи, о котором речь будет ниже.

Итак, годы учения закончились, началась самостоятельная жизнь. Здесь мы встречаемся с зияющим провалом в биографии Торричелли. С 1632 по 1640 г. не сохранилось никакого документа, говорящего о его жизни.

В марте 1641 г. Торричелли возвращается в Рим, и вскоре Б. Кастелли привозит Галилею в Арчетри большой манускрипт молодого ученого «О движении тел, опускающихся естественным образом, и о снарядах», где были изложены результаты исследований Торричелли в области Галилеевой механики. О содержании книги будет сказано позднее. Сейчас важно отметить только, что она сыграла решающую роль в дальнейшей судьбе Торричелли. Сам он имел единственную цель — выказать таким подношением всю глубину своего уважения и любви к маститому ученому. Книга сопровождалась письмом, в котором молодой ученый объясняет, почему он осмелился обратиться к задачам, уже решенным учителем: «Чтобы прославить себя титулом его слуги»; он преклоняется перед «славным именем Галилея — именем, заслуженным перед Вселенной и священным навсегда». Но Кастелли, представляя Галилею работу Торричелли, преследовал другую цель. Галилей был стар и болен, нельзя было рассчитывать, что он проживет долго. Кроме того, Кастелли знал, что Галилей мучительно озабочен тем, что не успел закончить «Беседы» и что его слабые силы не позволят ему это сделать. Нужен помощник. Но, разумеется, помощник, достойный его. Кастелли

и повез «Sul moto» как лучшую рекомендацию. Книга понравилась Галилею. Он охотно последовал совету Кастелли и пригласил Торричелли к себе. Торричелли принял приглашение с восторгом, но не мог выехать немедленно, так как замещал Кастелли в качестве лектора. Лишь в начале октября 1641 г. он появляется в Арчетри. Б. Кавальери приветствовал переезд своего друга к Галилею. «О, какой счастливый союз! Какие великие последствия, какая польза для литературы от такой чудесной прививки!». Торричелли с жаром принялся за работу, одновременно и увлекательную и такую для него почетную. Но, увы, здоровье «старика», как молодые называли между собой учителя, быстро ухудшалось. 5 января Б. Кастелли писал Б. Кавальери в Болонью: «Боюсь, что получу из Флоренции мало хороших новостей о нашем почтенном „старике“, меня пугает его преклонный возраст». Получив такое тревожное письмо, Кавальери сейчас же написал Торричелли. Но 8 января 1642 г. Галилей скончался. Торричелли, сраженный горем, собирался вернуться в Рим, но пришло распоряжение великого герцога Тосканского Фердинанда II Медичи задержаться. Вскоре последовало назначение на должность, которую занимал Галилей: «Философ и первый математик великого герцога». Торричелли остался во Флоренции. Его главным занятием стала теперь обработка материалов Галилея. Однако Торричелли не пришлось увидеть плодов своей работы. «Пятый день» опубликовал В. Вивiani в 1674 г. (Вивiani умер в 1692 г.), «Шестой день» был включен в «Беседы» в 1718 г.

Кроме обработки научного наследия Галилея, у Торричелли было много других дел. Ему было разрешено (или предписано) возобновить чтение лекций, которые читал Галилей до 1633 г., т. е. до того, как был осужден судом инквизиции. Он читал лекции по фортификации, Академия делла Круска (или Академия отрубей — литературная академия, ставящая своей целью отсеивать погрешности языка и литературы, «подобно тому, как отруби отсеивают от муки») обращается к Торричелли (он был ее членом) с предложением прочитать ряд общедоступных лекций; он это предложение принял и осуществил. При всех этих многочисленных занятиях Торричелли продолжал свои работы, начатые им прежде, и вел большие эксперименты по физике. Так, уже осенью 1642 г. он обратился к обширному и очень трудоемкому разделу физики — к инструменталь-

ной оптике. В 1644 г. он издает сборник своих научных работ из области геометрии, механики, интегрального исчисления.

Всего шесть лет прожил Торричелли во Флоренции (включая и жизнь в Арчетри). В октябре 1647 г. молодой ученый в расцвете своего таланта скончался. По-видимому, смерть наступила не совсем неожиданно, поскольку Торричелли успел сделать кое-какие распоряжения. Флорентийского юриста Лодовико Серенаи он назначил своим душеприказчиком. Он настоятельно просил его написать дяде о. Джакомо, «88-летнему старцу», проживавшему по-прежнему в Фаэнце, когда он, Эвангелиста, умрет*. Риччи и Кавальери должны были опубликовать его неизданные работы. Торричелли просил похоронить его в церкви св. Лаврентия. Однако желания умирающего не были выполнены. Через месяц после его смерти скончался, тоже молодым, Б. Кавальери, уже много лет страдавший какой-то необыкновенно жестокой разновидностью подагры. Риччи не сумел опубликовать труды Торричелли. Только в 1861 г. уцелевшие рукописи ученого (а уцелело далеко не все) были переданы в Флорентийскую библиотеку. Могила Торричелли потеряна. Полное издание сочинений Торричелли осуществлено в 1919—1944 гг.**

Торричелли, ученик Галилея, не мыслил, конечно, иной основы для своей ученой деятельности, кроме математической. Первая половина XVII в. замечательна большим прогрессом в области вычисления определенных интегралов. Кеплер, Ферма, Кавальери, Паскаль, Роберваль и многие другие далеко продвинули технику определенного интегрирования в применении к главнейшим типам геометрических задач. Однако единой теории, из которой можно было бы почерпнуть указания для решения задач нового типа, до появления «Геометрии неделимых» Кавальери не было. Поэтому выход «Геометрии неделимых» (1635) считается переломной вехой в предыстории интегрального исчисления. Торричелли сумел внести существенное

* Свою мать, переселившуюся в Рим, Торричелли похоронил летом 1641 г., а дядя Джакомо после его смерти прожил еще два года.

** *Opere di Evangelista Torricelli*, edite in occasione del III centenario della nascita col concorso del Comune di Faenza da Gino Loria e Giuseppe Vassura. Тома I, II, III вышли в 1919 г. (1-й том — в двух книгах), а IV том — в 1944 г. В дальнейших ссылках — «Opere» с указанием тома и страницы. Отсюда же взяты и рис. 1, 3, 4, 5.



ЭВАНДЖЕЛИСТА ТОРРИЧЕЛЛИ
(1608—1647)

обобщение в самые основы учения Кавальери. Торричелли ввел в метод неделимых такое обобщение и владел им с таким совершенством, что приводило в недоумение самого Кавальери. Еще один довод в пользу того, что Торричелли глубоко проник в природу нового метода: он убедительно разъясняет его парадоксы, в которых, надо правду сказать, недостатка не было. Один из таких парадоксов предложил сам Кавальери. В письме от 5 апреля 1644 г. он сообщил его Торричелли (рис. 1). Каждому неделимому треугольнику AHD соответствует неделимое треугольника HDG . Эти неделимые равны между собой. Согласно принципу Кавальери из равенств $KB=MF$, $IC=LE$ и т. д. следует, что площадь треугольника AHD равна площади треугольника HDG , что при $AD \neq DG$ нелепо. Торричелли опровергает парадокс тем, что подчеркивает интегральный характер принципа. Он говорит, что неделимые «in-sieme prese» («вместе взятые») должны быть равны, а

попарное равенство, вообще говоря, не однозначно определяет равенство площадей фигур (или соответственно объемов тел)*. Это «*insieme prese*» или «*omnes lineae*», «*omnes ordinatae*» — то самое выражение, которое заимствовал у Кавальери Лейбниц и которое у него прошло такую эволюцию: сперва он так и писал, потом сократил до «*o. l.*», затем, может быть под влиянием Паскаля, который ввел выражение «*la somme des lignes*», перешел к первой букве слова *Summa*: \sum и, наконец, установил нынешнюю форму написания.

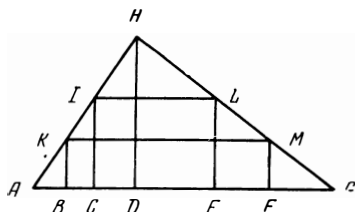
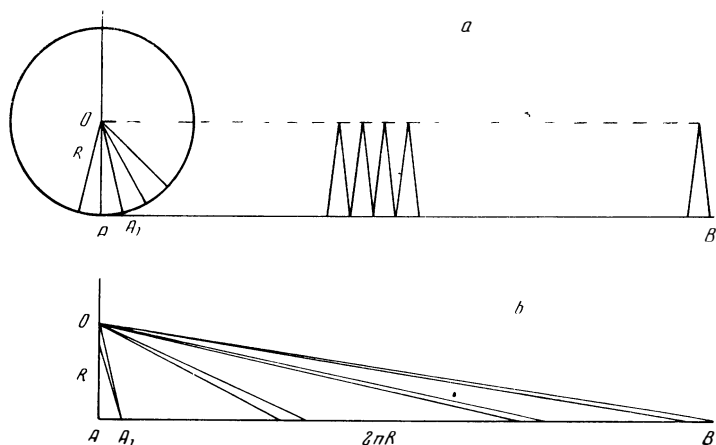


Рис. 1

Перейдем к собственному вкладу Торричелли в геометрию неделимых. Это, раньше всего, обобщение самого принципа, данного Кавальери. Последний полагал, что обе фигуры, отношение площадей которых ищется, покрываются системами прямолинейных отрезков. Торричелли расширяет метод. Он говорит, что можно наложить на одну фигуру систему отрезков, а на другую — систему кривых линий (дуг). В качестве простейшего примера применения расширенного принципа он решает задачу, предлагаемую Кеплером в «Стереометрии винных бочек». Нельзя отрицать, что решение Торричелли привлекает своей простотой и краткостью. Напомним, как решается задача у Кеплера. Требуется определить площадь круга заданного радиуса R (рис. 2). Круг разбивается на тонкие секторы AOA_1 и т. д. Секторы выносятся в виде «частотокола», опирающегося на отрезок AB , длина которого есть $2\pi R$. Затем каждый сектор «частотокола» заменяется (рис. 2, б) равновеликим наклонным треугольником с общей вершиной в точке O . Все треугольники покроют прямоугольный треугольник OAB с высотой R . Следовательно, площадь его, а значит и площадь круга, равна $\frac{1}{2}R \cdot 2\pi R = \pi R^2$. Решение Торричелли следующее (рис. 3). Дан круг радиуса R . Строим отрезок AC , длина которого равна $2\pi R$ или длине окружности. Для любой промежу-

* Opere, v. I, p. 320—321.

точной окружности радиуса OB найдется в треугольнике отрезок BD , длина которого равна длине окружности $2\pi \cdot OB$. Следовательно, системе неделимых круга OR — окружностей — соответствует система неделимых прямолинейных отрезков — в треугольнике OAC . Согласно принципу неделимых в редакции, данной Торричелли,

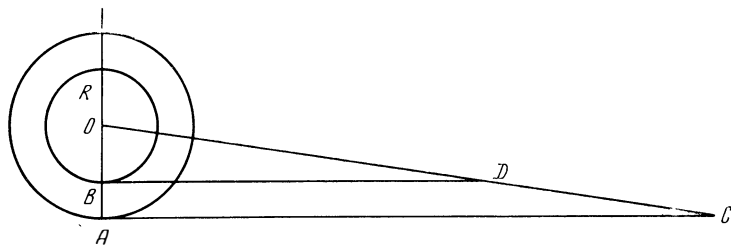


Р и с. 2

площади круга и треугольника равны. Для того чтобы вычислить площадь спирали, Торричелли строит сегмент параболы и устанавливает равенство неделимых — ординаты параболы и дуги окружности, заключенной внутри спирали. На основании своей редакции принципа неделимых Торричелли находит, что площадь, ограниченная спиралью, равна площади сегмента. Уже эти и подобные им результаты, полученные Торричелли, были достаточны, чтобы сделать его заметной фигурой среди математиков. Но он дал гораздо больше. С необыкновенной смелостью он взялся за вычисление объема бесконечно длинного тела и показал, что при некоторых условиях этот объем может быть конечным. В первом томе его «Ореге» помещены мемуары «Об остром гиперболическом теле» (ч. 1, стр. 173—221) и «О бесконечных гиперболах» (ч. 2, стр. 231—274) *. В общих чертах рассуждения Торричел-

* «De solido hyperbolico acuto», «De infinitis hyperbolis».

ли сводятся к следующему (рис. 4). Пусть дана гипербола $xy=2k^2$ и пусть она вращается вокруг оси Oy (своей асимптоты). Образующееся при этом тело вращения пусть ограничивается цилиндрической поверхностью радиуса OA и высоты AB . Требуется вычислить объем тела вращения — «острого гиперboloида», как его называет



Р и с. 3

Торричелли (*hyperbolicus acutus*). Неделимым в этом теле будет цилиндрическая поверхность радиуса x и высотой y . Поверхность эта имеет площадь $2\pi xy = 2\pi \cdot 2k^2 = \pi(2k)^2$. Обнаруживается замечательное свойство этого неделимого — его площадь оказывается не зависящей от радиуса. Согласно принципу Кавальери объем всего тела равен «всем неделимым», т. е. $\pi(2k)^2 \cdot OA$. По существу здесь вычислен (впервые) несобственный интеграл. Когда этот результат сделался известным в Европе, это было настоящей сенсацией; Торричелли получил большое количество поздравлений. Пожалуй, наиболее выразительным будет следующий отрывок из письма Кавальери (7 января 1642 г.): «Я благодарю Вас за доказательство об остром гиперболическом теле — доказательство воистину божественное. Я не в силах постигнуть, как Вы решились с такой легкостью погрузить Ваш мерный шест в бесконечные глубины этого тела, ибо воистину оно мне кажется бесконечно длинным» (т. е. объем его кажется бесконечно большим) *.

Торричелли рассмотрел также различные случаи гиперболы произвольного порядка

$$x^m y^n = c^n$$

и установил, при каких условиях тело вращения имеет

* Б. Кавальери. Геометрия неделимых, стр. 410.

конечный объем. Другими словами, Торричелли нашел условия существования несобственного интеграла данного типа.

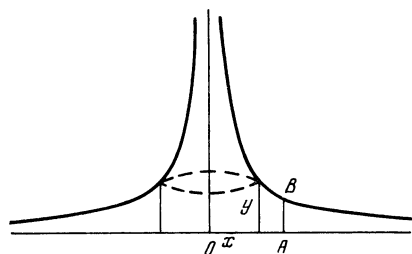
Не менее ценным новым вкладом Торричелли было спрямление кривых $y = Ce^x$ (он назвал эту кривую гемиперболой) и $\rho = ae^{-b\phi}$ (логарифмической спирали). В письме к Каркави в феврале 1645 г. Торричелли особо подчеркнул это свойство своего вывода: «Всякая моя спираль достигает своего центра только после бесконечно большого числа оборотов, бесконечно сжимающихся вокруг центра; тем не менее можно найти равный ей отрезок прямой не только для любой части дуги (non solo qualunque parte a arco) этой спирали, но также и для всей целиком (tutta intera)». Таким образом, Торричелли не только впервые выполнил спрямление прямой в этой работе, но и вычислил несобственный интеграл в полярных координатах.

Отметим вскользь, что Торричелли самостоятельно нашел сумму бесконечной убывающей геометрической прогрессии, и его вывод был затем использован А. Таке; приближенная формула, получившая впоследствии название формулы Симпсона, по своему геометрическому содержанию была известна Торричелли, он не только находил производные, но решал также задачи на отыскание экстремума * и о многом другом. Перейдем к вопросу, имеющему принципиальное значение для всей математики. Это — вопрос о взаимной обратности дифференцирования и неопределенного интегрирования. Как известно, именно решение этого вопроса положено Ньютоном и Лейбницем в основу вычисления определенного интеграла. Только начиная с этого момента можно считать, что приложение интегрального исчисления к геометрии, физике и т. д. перестало быть делом гениальных одиночек (Кеплера, Торричелли, Ферма) и стало доступным рядовому математику.

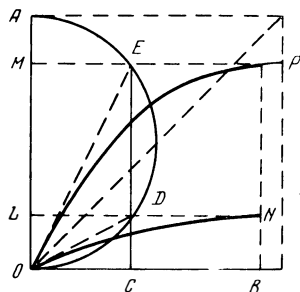
Следовало бы теперь изложить еще одно открытие Торричелли, а именно: кинематический способ проведения касательной к данной кривой в данной точке (письмо к Галилею от 29 июня 1641 г.). Но, с одной стороны, этот способ со временем уступил свое место способу П. Ферма (т. е. способу, общепринятому в настоящее время в ана-

* D. Benini. Il problema dell'etre brevissime. «Torricelliana», 1946, Faenza, p. 63—65.

лизе), с другой стороны, он полностью совпадает с кинематическим способом, предложенным Робервалем и описанным в очерке, ему посвященном. Достаточно и разобранного выше, чтобы получить представление о том, как велики заслуги Торричелли в чистой и прикладной математике. Математические достижения Торричелли были поистине замечательны, однако его нельзя назвать математиком. Всю силу своего гения он направлял на то, чтобы



Р и с. 4



Р и с. 5

развивать физику. Торричелли прежде всего — физик. Даже в его чисто математических работах чувствуется физическая струя. Важнейшая теорема анализа — теорема о взаимной обратности дифференцирования и интегрирования — доказана им на основании рассмотрения свойств движения материальной точки; способ проведения касательной к кривой, о котором говорилось выше, покоится на принципе сложения движений (скоростей). Можно было бы привести еще примеры того, как Торричелли обогащал математику, решая физические задачи. Таланту ученого было легко развиваться еще и потому, что Торричелли сразу попал в школу Галилея — лучшую физическую школу того времени. Не удивительно, что «галилеист» уделил много внимания механике Галилея. Его работа «De motu» в сущности представляет собой дополнения и развитие некоторых положений Галилея из «Третьего дня» его «Бесед». Относительно перемещения центра тяжести тела Галилей говорит*: «...если невозможно, чтобы

* Г. Г а л и л е й. Избранные труды, т. II. М., 1964, изд-во «Наука», стр. 255—256.

тяжелое тело или соединение таковых поднялось само по себе вверх, удаляясь от общего центра, к которому стремятся все тяжелые тела, то одинаково невозможно, чтобы оно само по себе стало двигаться, если его собственный центр тяжести не приближается при этом к общему центру...» Галилей формулирует положение для одного твердого тела, упоминая о соединении тел лишь во вступительном предложении. Торричелли дает обобщенную формулировку, в которой постулат Галилея содержится как частный случай: «Два тяжелых тела, соединенные вместе, сами по себе не могут двигаться, если их общий центр тяжести не опускается» *. На основании этого обобщенного принципа Торричелли получает результаты Галилея более строго. Так, Галилей принимает в качестве постулата **: «Степени скорости, приобретаемые одним и тем же телом при движении по наклонным плоскостям, равны между собой, если высоты этих наклонных плоскостей одинаковы». Торричелли дает доказательство этому положению. Во 2-й книге «De motu gravium» имеются интересные дополнения к теории полета снарядов Галилея. В качестве примера приведем решение задачи о траектории, привлекающее своим изяществом и простотой построения.

«XI. Даны импетус и амплитуда снаряда; найти направление и высоту».

Импетус (я остерегся перевести это слово как «импульс») у Торричелли означает величину, пропорциональную кинетической энергии снаряда; амплитуда — дальность полета; направление — угол возвышения или направление вектора начальной скорости; высота — высшая точка траектории.

Решение получено геометрическим путем (рис. 5). Импетус откладывается от произвольной точки O в виде отрезка OA . Отрезок OC , перпендикулярный OA , равен четверти заданной амплитуды (дальности полета). На отрезке OA , как на диаметре, строится полуокружность. Из точки C восставляется перпендикуляр к OC , который пересекает окружность в двух точках D и E (если OC больше, чем $\frac{A}{2}$, перпендикуляр OC не пересекает окружность, и задача

* «Duo gravia simul conjuncta ex se moveri non posse, nisi centrum communis gravitatis ipsorum descendet».

** Г. Г а л и л е й. Избранные труды, т. II, стр. 246. Впрочем, на стр. 257 и дальше положение доказывается. См. там же, стр. 461, примеч. 17.

невозможна; наибольшая возможная дальность полета при заданном импульсе определяется точкой касания перпендикуляра C , т. е. равна удвоенной длине отрезка OA). Сразу видно, что задача имеет два решения: заданная дальность полета достигается при двух начальных возвышениях: OD и OE — касательных к траекториям ON и OP , проведенных в начальной точке O . N и P — вершины парабол, N и P (или D и E) — искомые высоты. Построение опирается на теорему, доказанную немного раньше.

Следующая теорема замечательна тем, что автор нашел необычайно простой прием, применение которого позволяет доказать теорему почти моментально. Следует отметить, что это доказательство также обнаруживает в авторе физика больше, чем математика.

«XXVIII. Если из одной и той же точки O , с одним и тем же импульсом OA , в один и тот же момент вылетают тяжелые тела под различными начальными углами вверх или вниз, все [эти] тела будут все время на окружности некоторого круга, с центром на перпендикуляре OA ».

Доказательство сводится к следующему. При отсутствии силы тяжести все тела летели бы по прямым, лучами расходящимся из точки O . Так как у всех тел одна и та же (по величине) начальная скорость, то за некоторый промежуток времени все тела прошли бы одинаковые по длине отрезки своих путей и, значит, расположились бы по окружности, имеющей центр в точке O . Под действием силы тяжести все тела переместятся по вертикали вниз на одну и ту же величину, откуда следует, что окружность (и ее центр) опустится вниз, как твердое тело, на ту же величину. Теорема доказана. Во 2-й книге «De motu gravium» Торричелли получает «параболу безопасности» как огибающую всех парабол, описываемых снарядом, когда он вылетает под разными углами. Это был первый случай, когда появилось понятие огибающей семейства кривых. Таким образом Торричелли показал, что как математика обогащает физику, так и физика может породить чисто математические понятия. Теория огибающей появляется у братьев Бернулли в конце XVII или в начале XVIII столетия. Но только у А. Клеро (1713—1765) огибающая получает настоящее аналитическое истолкование как особое решение дифференциального уравнения.

Нельзя не сказать о вкладе Торричелли в учение о центре тяжести. Ему принадлежит общеизвестная формула для координаты центра тяжести твердого тела или плоской фигуры, как частного двух определенных интегралов. По обыкновению своего времени Торричелли дает теореме словесное выражение*: «Центр тяжести рассекает ось или диаметр в плоской фигуре, или в твердом теле так, чтобы часть, прилегающая к вершине, относилась к остальной, как „все произведения аппликат на все частицы диаметра и на все абсциссы, считая их от вершины, ко всем произведениям тех же аппликат на остальные абсциссы“**».

Поместим начало координат в начале диаметра фигуры, и пусть абсцисса центра тяжести равна X ; тогда часть, прилегающая к вершине, будет X , а «остальная» — будет $a - X$, где a — длина всего диаметра. Далее «*omnis ductus*»: «все произведения» есть то, что впоследствии было названо Бернулли интегралом. На языке современных формул утверждение Торричелли имеет вид пропорции

$$\frac{X}{a - X} = \frac{\int_0^a x f(x) dx}{\int_0^a (a - x) f(x) dx},$$

что легко преобразуется в общеизвестную формулу для X . Историческая несправедливость состоит в том, что ни в одном учебнике формулы для координат центра тяжести не связываются с именем Торричелли.

Ни в чем, может быть, так не проявляется глубина физического мышления Торричелли, как в его способности постигать общие принципы. Мы видели, что он сумел обобщить самый глубокий принцип из всей предыстории анализа — принцип Кавальери; в механике он обратился к тому вопросу, который непосредственно подводил к принципу виртуальных перемещений — речь идет о движении

* Письма к М. Риччи от 12 августа 1945 и к Б. Кавальери от 7 июня 1646 г.

** «*Ut sunt omnis ductus applicatarum in omnes diametri portiones versus verticem abscissas, ad omnes ductus earumdem applicatarum in reliquas diametri portiones*».

общего центра тяжести системы двух тел *. Мы увидим далее, что и в других отделах физики он проявлял peculiarную способность «ухватиться» за решающий принцип; сейчас надо отметить то же в связи с известной формулой Торричелли, позволяющей определить скорость истечения жидкости из отверстия в сосуде. «Вырывающаяся вода имеет в самой точке истечения тот же импульс (*impetus*), который имело бы тяжелое тело или одна капля той же воды, если бы естественным движением спустилось от верхней поверхности той воды до отверстия истечения» **. Торричелли предполагает, что свободная поверхность воды остается на одной высоте относительно отверстия. В частности, он говорит о «носике» (*osculum*), т. е. о маленьком отверстии, при котором уровень практически остается постоянным.

В доказательстве Торричелли, в сущности, исходит из принципа сохранения энергии. Этот принцип в общей форме в применении к задачам гидродинамики сформулировал Даниил Бернулли лишь через сто лет. Торричелли — первый физик, приложивший этот принцип к жидкости. Поэтому Э. Мах и назвал Торричелли основателем гидродинамики.

Аэростатические и аэродинамические работы Торричелли тоже вдохновлялись гением Галилея. Внимательное изучение «Бесед» столкнуло Торричелли с одной из актуальных проблем современной ему науки — с так называемой «боязнью пустоты». Торричелли решил заняться этой проблемой. Некоторые эксперименты были уже проведены до Торричелли. Так, например, корреспондент Галилея Г. Берти у себя в доме в Риме провел опыт с свинцовой трубкой. Было установлено, что вода поднимается лишь до определенной высоты ***. Г. Берти не был чужд Галилеевой «секте». В частности, Р. Маджиотти был в курсе его опытов, а через него о них был осведомлен и Торричелли. Впоследствии, уже после смерти Торричелли,

* См.: Ж. Лагранж. Аналитическая механика. М., 1950, т. I, стр. 23.

** «*Aquas violenter erumpentes in ipso eruptionis puncto eundem impetum habere, quem haberet grave aliquod, sive ipsius aquae gutta una, si ex supra eisdem aquae superficie usque ad orificium eruptionis naturaliter eecidisset.*»

*** См. статью В. П. Зубова «Флорентийские опыты Торричелли — Вивиани». «Вестник истории мировой культуры», 1958, № 5, стр. 54—66. Статья снабжена подробной библиографией.

Маджиотти писал Мерсенну, что он в свое время сообщил Торричелли об опыте Г. Берти. Заслуживает внимания следующая подробность: Маджиотти говорил Торричелли, что, если бы вода была морская, а потому более тяжелая *, она остановилась бы на более низком уровне. Такое соображение при своем логическом развитии естественно приводит к мысли использовать еще более тяжелую жидкость, или самую тяжелую — ртуть. Это и было сделано Торричелли.

Описание известных опытов со ртутью содержится в двух письмах Торричелли и Риччи **. Эти письма получили большое распространение (в копиях). Через Мерсенна они стали известны во Франции и послужили побудительной причиной для знаменитых опытов Паскаля на Пюи-де-Дом. В письмах Торричелли дается подробное описание опытов. Они создали Торричелли славу. Но замечательно, что сам Торричелли ценил в этих опытах то, что для широкой публики прошло незамеченным или, самое большее, считалось третьестепенным. Первое из знаменитых писем начинается с того, что Торричелли подчеркивает, ради каких целей он ставил опыт со ртутью. «...не для того чтобы просто получить вакуум, но чтобы сделать прибор, который бы показывал изменения воздуха то более тяжелого и густого, то более легкого и тонкого» ***. Между тем именно образование пустого пространства в запаянной сверху трубке, т. е. как раз тот вакуум, который очень мало интересовал самого изобретателя, считался, и не только у широкой публики, самым поразительным открытием. Ведь известно, что еще Аристотель считал, что пустота представляет собой логическое противоречие. Позднее это положение поддерживалось последователями Аристотеля — перипатетиками — и перешло в официальную философию. Поэтому демонстрация пустоты, демонстрация наглядная,

* «Se l'aqua fusse stata di mare, e pero piu grave». См. у В. П. Зубова, там же, стр. 61.

** Эти письма частично воспроизведены в 7-м номере «Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus», herausgegeben von prof. G. Hellman, B., 1897, стр. (1) — (6). Перевод писем см. в статье В. П. Зубова «Из переписки между Эванджелиста Торричелли и Микельанджело Риччи». — «Вопросы истории естествознания и техники», 1959, вып. 8, стр. 95—101.

*** «...non per fare semplicemente il vacuo, ma per fare uno strumento, che mostraste le mutazioni dell'aria ora piu grave e grossa, et ora piu leggiera e sottile».

неопровержимая, произвела на философов-схоластов впечатление разорвавшейся бомбы. Доказательство существования пустоты было тем более досадным, что официальной философии противостояло «богопротивное» учение эпикурейцев, т. е. атомистов, защищавших существование пустого пространства наравне с атомами материи. Наличие пустоты Торричелли доказывал очень просто. В чашку со ртутью, куда погружалась трубка со ртутью, наливалась поверх ртути вода. Затем трубка со ртутью постепенно поднималась. Когда нижний конец этой трубки выходил из ртути и переходил в слой воды, ртуть из трубки выливалась и «трубка наполнялась водой со страшным напором» *. В этих же письмах Торричелли помещает свои рассуждения, на основании которых были разработаны проекты и планы многих опытов, поставленных впоследствии. В частности, имеется и такое рассуждение: «Вес, о котором писал Галилей, относится к самому нижнему воздуху, где живут люди и животные, но над вершинами высоких гор воздух становится чистейшим и гораздо меньшего веса, чем $1/400$ часть веса воды» **. Трудно возразить что-нибудь против того, что в этих словах содержится программа опытов Паскаля. Из приведенного отрывка, между прочим, следует и то, что притязания Декарта на приоритет в идее опыта Паскаля не имеют оснований. Вернее всего, что после того как стали известны письма Торричелли, мысль об измерении давления воздуха на разных высотах появилась одновременно и независимо у нескольких ученых одновременно.

Хотя Торричелли и писал Риччи, что делал опыты лишь для того, чтобы построить прибор, но его интересовал и спор философов о том, действительно ли природа «боится пустоты» и действительно ли «боязнь пустоты» заставляет ртуть устремляться вверх. Точнее, не самый спор интересовал его, для него самого он был давно решен; его привлекла возможность привести лишнее доказательство в пользу защищаемой им точки зрения. Для этой цели он выполнял верхние окончания трубок разной формы: с расширениями и без них. Когда две трубки с разными формами верхних концов рядом опускались в чашку

* «riempirsi con impeto orribile d'acqua».

** «L'aria cominci ad esser purrissime»; $1/400$ часть веса воды — это и есть указанный Галилеем удельный вес воздуха. См.: Г. Г а л и л е й. Избранные труды, т. II, стр. 178.

со ртутью, ртуть в трубках устанавливалась на одном и том же уровне, пустое же пространство над поверхностью ртути было разной величины. Это, считает Торричелли, «почти верный знак того, что сила не находилась внутри»*. Ведь в трубке, где пустого пространства больше, и силы должно было бы быть больше, и ртуть должна бы подняться выше, чего, однако, не наблюдалось. Первое письмо Торричелли заканчивает замечанием, имеющим большое программное значение. Оно, однако, слишком опередило свое время и вошло в практику лишь через сто лет. Торричелли пишет: «Главное мое намерение — узнавать с помощью прибора, когда воздух делается более плотен и тяжел, а когда более тонок и легок, мне не удалось выполнить, потому что уровень АВ (т. е. уровень свободной поверхности ртути в трубках прибора) изменяется от другой причины, чего я никак не предполагал, т. е. от тепла и холода, и очень чувствительно**, в точности так же, как если бы сосуд (пустая часть трубки над столбом ртути) был полон воздуха». Только в 1704 г. Амонтон указал на необходимость приводить показания барометра к стандартной температуре.

Торричелли сожалел, что изобретение барометра принадлежит ему, а не любимому учителю Галилею. Таково было благородство его души! Справедливо сказано о нем: «Благородство Торричелли, может быть, еще более редко, чем его гений: наверное, найдется больше таких людей, которые могли бы открыть поднятие ртути в барометре, чем таких, которые хотели бы передать честь открытия учителю или другу»***.

Простота оборудования и эффективность опыта с «трубой Торричелли» сделали то, что этот опыт «вошел в моду». Он ставился несчетное число раз в школах, физических кабинетах, любителями в гостиных и т. д. Великий герцог Тосканский пожелал присутствовать при опыте, произведенном самим Торричелли. Безупречно проведенная демонстрация и блестящие исчерпывающие возражения на нападки противников побудили герцога издать следующий декрет (на латинском языке): «За то, что до-

* «Segno quasi certo che la virtu non era dentro».

** «E molto sensibilmento».

*** L. Tieri. Evangelista Torricelli fisico. «Evangelista Torricelli», 1951. Firenze, p. 9.

блестью и удачей Евангелисты Торричелли произведены нужные опыты, за то, что открыта истина, за то, что опровергнута боязнь пустоты, за то, что расширено царство наук, утвердили мы и бессмертному богу хвалу и Евангелисте Торричелли триумф» *.

Названная Торричелли цель разработки прибора (название «барометр» Э. Мариотт предложил в 1676 г., до этого его называли «трубкой Торричелли») указывает на то, что Торричелли собирался глубоко изучать физику воздуха в широком смысле. Доказательством отчасти может служить и то, что он дал схему происхождения ветра и наметил в общих чертах циркуляцию атмосферы. Сделано это в «Академических лекциях», которые читаны были во Флоренции по предложению Академии делла Круска. В 7-й лекции «О ветре» Торричелли подробно излагает доводы против учения перипатетиков о ветре, потом дает свою теорию. Согласно Аристотелю, ветер есть следствие испарений сырой почвы. Под действием солнечных лучей и подпочвенной теплоты сырая земля выделяет два рода испарений: одно — сырое и второе — сухое. Последнее и производит ветер.

Торричелли начинает с того, что подвергает сомнению наблюдения, на основании которых перипатетики строят свою теорию. Среди его многочисленных возражений есть, например, такое: по учению этих философов сирокко, как и другие ветры, должен был бы появляться после дождя, в то время как бывает почти всегда до него, а после начала дождя успокаивается. Приведя ряд возражений против высказываний перипатетиков, Торричелли переходит к изложению своей точки зрения. В немногих словах она сводится к тому, что воздух может быть неодинаково нагрет в двух соседних областях. Тогда слои воздуха перемешиваются так, чтобы установилось равновесие. Рассуждение проводится на примере северного полушария. Предположим, что в нем царит полное спокойствие и неподвижность воздуха. Допустим теперь, что над обширной территорией, например над Германией, воздух по какой-нибудь причине (дождь, снег и т. п.) охладится. Он сейчас же уплотнится (*si condenserà*). Это уплотнение приведет к тому, что в верхних слоях воздуха над Германией появится пустота. Воздух из окружающих стран поспешит заполнить

* L. Tieri. Evangelista Torricelli fisico. «Evangelista Torriselli», p. 9.

образовавшуюся пустоту, и в верхних слоях атмосферы появится ветер по направлению к Германии. В нижних областях ветер будет направлен в противоположную сторону. Развивая эти соображения, Торричелли набрасывает схему циркуляции, основные принципы которой сохранились до наших дней.

После Торричелли осталось немного оптических приборов. Большая их часть хранится в Музее истории науки во Флоренции. Это — две подзорные трубы и несколько линз. Одна из этих линз имеет на картонной оправе надпись: «Ванджелиста Торричелли, Флоренция, 1646». Немного ниже: «Локтей $10\frac{1}{4}$ »*. Около этой линзы находится этикетка с надписью: «Объектив, который служил в 1660 г. для наблюдения Сатурна, чтобы выяснить, какая из двух систем, Евгения (Hugenii, т. е. Гюйгенса) или Фабри**, лучше соответствует естественной видимости данной планеты. Работа Э. Торричелли, Флоренция, 1646». Именно эта линза была изучена профессором В. Ронки. Подробное исследование линз, изготовленных итальянскими оптиками первой половины XVII в., было предпринято для того, чтобы установить, насколько справедливо мнение о чрезвычайно высоком их качестве. Торричелли начал заниматься шлифовкой линз осенью 1642 г. В этом деле, как следует из его письма к Кавальери, его вдохновителем был тоже Галилей. «Работаю согласно некоторым соображениям Галилея и моим», — писал он Кавальери***. Сам Кавальери тоже занимался, как известно, шлифовкой стекол. Вообще, с легкой руки Галилея, «мода» на шлифовку линз и изготовление телескопов установилась едва ли не на все XVII столетие. Галилей, Кеплер, Торричелли, Кавальери, Декарт, Спиноза, Гюйгенс, Ньютон и многие другие ученые отдали много труда этому важнейшему по тому времени делу.

Перейдем теперь к наиболее интересному вопросу, связанному с оптическими работами Торричелли. Он не только считал свои линзы лучшими, но смело говорил, что ни-

* В. Ронки. Эванджелиста Торричелли — оптик. «Вопросы истории естествознания и техники», 1960, № 9, стр. 38—50; «In che cosa poteva consistere il «segreto delle occhiali» di Evangelista Torricelli». «Torricelliana», 1946, Faenza, p. 7—20.

** Оноре Фабри (1606—1668) — иезуит, пытавшийся примирить богословие с учением Коперника. В полемике с Гюйгенсом относительно Сатурна защищает совершенно ложные положения.

*** «Conforme ad alcune considerazioni del Galileo».

кто и никогда не сможет сделать линзу, которая будет лучше его линз. В письме к Мерсенну от 7 июля 1646 г. читаем: «Мы не имеем глаз Еноха или Ильи, или тому подобных пустяков фантазеров, но имеем вернейшее доказательство, что никто не может сделать линзы лучше моих»*. Автор этого заявления чувствовал полную ответственность за свои слова, это видно из того, что он тут же прибавил, что кто-нибудь, может быть, и сделает линзу столь же высокого качества, но только тот, «кто хорошо знает теорию конических сечений и рефракций». Сопоставляя эти два заявления, естественно прийти к мысли, что Торричелли каким-то образом убедился в том, что в придании формы линзе он достиг оптического совершенства, или, говоря техническим языком, вписал поверхность линзы в оптический допуск. Известно, что этот допуск равняется 0,1 микрона или одной десяти тысячной миллиметра, т. е. величине, к которой даже в теоретических рассуждениях никто не мыслил приблизиться в те времена. Гипотеза открытия предельного допуска находит косвенное подтверждение и в других сообщениях Торричелли. Он доложил о своем открытии Фердинанду II. Тот признал его важность и щедро наградил изобретателя («Вчера собственноручно передал мне цепь в 300 скуди и медаль с изречением «*Virtutis proemia*» (награда за доблесть)»). Одновременно герцог предписал Торричелли хранить его изобретение в строгой тайне. Торричелли тщательно исполнял повеление герцога. Когда его душеприказчик Л. Серенаи спросил лежащего при смерти Торричелли, каковы будут его распоряжения касательно «секрета обработки линз», тот поступил следующим образом. Был послан к герцогу человек за шкатулкой, имеющей замок. Затем, выслав всех из комнаты, Торричелли указал Серенаи, в каком месте хранятся относящиеся к делу документы. Серенаи положил документы в шкатулку и запер ее на ключ. Торричелли отослал шкатулку к герцогу и взял слово с Серенаи никогда и никому не говорить об этом.

Следы содержимого шкатулки потеряны, и В. Ронки пытается дать ответ на вопрос — в чем же состоит «секрет» Торричелли. После ряда рассуждений Ронки приходит к заключению, что Торричелли открыл интерференционный способ проверки качества оптической поверхности. Этот

* V. Ronchi. Evangelista Torricelli — ottico. В сб.: «Evangelista Torricelli», 1951. Firenze, стр. 22.

способ покоится на теории колец Ньютона. Теория была разработана лишь на основе волновой теории света в XIX в. Техническое же применение теория колец Ньютона получила только в 20-х годах XX в. Интерференционный способ проверки качества заключается в следующем. На образцовую линзу накладывается проверяемая. Вокруг точки контакта появляются концентрические кольца. По форме этих колец судят о форме контактной поверхности проверяемой линзы, поскольку форма образцовой считается идеальной. Проверив этим способом линзу Торричелли, В. Ронки получил картину интерференционных колец, близкую к идеальной, что и указывает на полное право Торричелли давать своим линзам столь высокую оценку. В. Ронки считает, что в оптических мастерских кольца были известны еще до Гука и Ньютона и что более чем вероятно, что Торричелли о них рассказывал или что он сам случайно их обнаружил. Разница только в том, что никто не увидел в этих кольцах чего-либо достойного внимания, а Торричелли смог извлечь из них такое сильное техническое средство, что мировая оптика открыла его только через триста лет.

Как подлинный сын итальянского Возрождения, наследник Галилея не по должности придворного математика, а по духу, Торричелли не отгораживался от народа. Он охотно принял предложение Академии делла Круска и прочитал цикл популярных лекций. Научные статьи он писал не только на латинском языке, но и на итальянском. При всем этом он был замечательным знатоком литературы и стилистом. Человек своего века и воспитанник иезуитов, он, конечно, великолепно знал древних авторов. Его письма, и особенно академические лекции, насыщены цитатами и ссылками на Вергилия, Овидия, Лукреция, Тита Ливия, Сенеку, Плиния, Платона, Аристотеля и многих других. Его библиотека была невелика, но подобрана со вкусом. Помимо упомянутых авторов она содержала сочинения Горация, Катуллы, Тибуллы, Проперция, Петрония, Цицерона, Витрувия, Тацита и т. д. Неудивительно, что Торричелли имел строгий литературный вкус и выработал блестящий стиль изложения, «сохранивший иммунитет против искусственности и напыщенности, загрязнивших большую часть литературы того века», как выразился один исследователь слога Торричелли. Строгость стиля не мешала его одушевлению, когда оно вызы-

валось существом излагаемого предмета. Так, Торричелли передавал весьма драматически эпизоды из военной истории, которые он использовал в лекциях по фортификации. Его частные письма привлекают своей непосредственностью, искренним расположением, когда он пишет друзьям — Кавальери, Маджиотти и другим, благородством тона и сдержанностью, когда защищается от несправедливых упреков (например, письмо Робервалю от 7 июля 1646 г.). Но он был беспощаден с теми, кто проявлял неоправданные претензии на место в науке или обнаруживал слабость в полемике с ним или со всей Галилеевой «сектой». Когда несколько римских иезуитов, не вооруженных ничем, кроме спеси, пожелали начать полемику с ним и с его другом Буйо *, он писал о Винченцо Репиери: «Как это возможно, что эти ослы, глупцы, посмели говорить со мной и Буллиальдо?.. Что до меня, я считаю, что они только и могут стирать мне с доски». Патер Гульдин, известный теоремами о центре тяжести (теоремы Гульдина — Паппуса), издал книгу, в которой изложил свои возражения против теории неделимых; Кавальери послал эту книгу Торричелли. Ответом было: «В общем я Вам объявляю, что отец Гульдин, насколько можно судить по этой книге, просто болван» **. С. Я. Лурье приводит следующий случай. Один противник теории неделимых привел возражение, которое объясняется его непониманием процедуры вычисления. Торричелли написал через всю страницу краткий ответ: «BUE, BUE, BUE» ***.

Но, повторяем, только в этом вопросе, в защите науки, Торричелли был резок до грубости, неуступчив и в мелочах. Вообще же о нем сохранились самые трогательные воспоминания. Нежный сын, любящий и заботливый брат, преданный друг, блестящий собеседник, он привлекал к себе всех, с кем встречался во Флоренции. Общество ценило в нем не только первого после смерти Галилея ученого, но и литератора. Известно, что он писал комедии и эпи-

* Ismaël Boulliau (1605—1694) — французский астроном и математик, страстный защитник гелиоцентрической системы и единомышленник Торричелли. Оставил сочинение о спирали «De lineis spirilibus demonstrationes».

** Б. Кавальери. Геометрия. М.—Л., 1940, стр. 53. (Вступительная статья С. Я. Лурье.)

*** Bue — в прямом смысле — вол, в переносном — тупица, невежда.

граммы. Приведем одну из эпиграмм. В 1643 г. инженер Александр Бартолотти строил в Пизе мост через Арно и так неудачно, что мост обвалился прежде чем, его успели закончить. Торричелли написал (по-латыни):

Сделал Александр мост, из тысячи один,
Который, низвергнувшись, лежит в развалинах.
Можно воскликнуть: «Если будут делать столь плохие мосты,
Знать, пришли времена плохих мостостроителей!».

Четверостишие, на первый взгляд, довольно беззубое. Но если обратить внимание, что на латинском языке «мостостроители» звучит как pontifices, т. е. множественное число от pontifex, и что pontifex (первосвященник) есть официальный титул папы, то смысл и адрес эпиграммы сразу меняются. Мы расстаемся, может быть, с последним и самым выдающимся представителем позднего Возрождения.

РОБЕРВАЛЬ

Летом 1628 г. в Париже появился 26-летний человек — Жиль Персонн. Впоследствии он стал называть себя так, как называлась его родная деревня — Роберваль. Под этим именем он и вошел в историю.

Прежде чем попасть в Париж, Робервалю пришлось переменить ряд профессий: он был домашним учителем, служил в армии, много путешествовал по Франции. И все время упорно занимался самообразованием. В Париже он сблизился с кружком Мерсенна. Это был кружок математиков, физиков, астрономов. С 1625 г. собрания кружка стали регулярными. Встречались раз в неделю, обычно у Мерсенна. Марен Мерсенн (1588—1648) — францисканский монах, или минорит, оставил в истории науки своеобразный и заметный след. Весьма значителен его собственный вклад в науку: работы по акустике, математике, по теории музыкальных инструментов... Мерсенна отличала редкая способность объединять вокруг себя людей с общими интересами и замечательная интуиция, позволявшая ему из потока научных работ выделять наиболее значительные. Мерсенн был собирательным центром и душой парижского круга естествоиспытателей. Кроме того (и это, пожалуй, его главная заслуга), он переписывался со всеми европейскими учеными. Переписка заменяла

тогда научные журналы, которые появились позднее (первый физико-математический журнал «Journal des Savants» основан в Париже в 1665 г.). Благодаря этой переписке становились известными многие важные математические и физические открытия, например способ Ферма отыскания экстремумов, опыты Торричелли с пустотой.

Мерсенн очень быстро оценил выдающиеся способности молодого Роберваля и его основательную научную подготовку. Знакомство перешло в дружбу, которая продолжалась до смерти Мерсенна. Мерсенн познакомил Роберваля с одной из популярных в кругу геометров задач — с так называемым парадоксом Аристотеля.

Сущность этой задачи состоит в следующем. По прямой катится без скольжения окружность. Пусть в некоторый момент окружность касается прямой своей точкой A . На вертикальном радиусе, идущем от центра окружности к точке A , отметим точку B , лежащую ближе, чем A , к центру окружности. Через один оборот окружность будет снова касаться прямой в точке A и снова на вертикальном радиусе будет расположена точка B . Требуется объяснить, как это может произойти, если длина окружности, описываемой точкой B , меньше длины окружности, описываемой точкой A . Продумав основательно задачу, Роберваль открыто признал, что для ее решения не чувствует себя достаточно подготовленным. Он отложил задачу на шесть лет «difficultate illius perterritus»*. Как мы увидим далее, эти годы им не были потрачены зря.

В это время открылась вакансия в коллеже Мэтр Жервэ Кретъен. Роберваль получил место профессора философии, которое занимал до смерти (1675). Посещая собрания у Мерсенна, занимаясь интенсивными исследованиями, Роберваль тем не менее чувствовал, что не исчерпал этим своей энергии. Он задумал получить еще кафедру, прославленную Рамусом, в Коллеже де Франс. В 1643 г. он получил ее и тоже удерживал до своей смерти.

Биографические сведения о Робервале необыкновенно скудны. В сущности, о нем неизвестно ничего. Не сохранился и его портрет. Если справедливы слова, что история ученого — это история его открытий, то к Робервалю это приложимо как нельзя более. Он был разносторонним

* Трудностью ее уstraшенный (лат.).



МАРЕН МЕРСЕНН
(1588—1648)

ученым и оставил работы не только в математике (математиком он был прежде всего), но и в физике, в астрономии и в других областях естествознания.

Выдающиеся математические способности Роберваля проявились в том, что он обратился к важнейшим математическим вопросам своего времени. У него имеются работы и по высшей алгебре и по геометрии, но раньше всего и больше всего он занимался инфинитезимальными задачами. К тому времени, когда Роберваль сблизился с кружком математиков (первая половина 30-х годов), уже велась интенсивная разработка способов отыскания квадратур (Ферма, Торричелли, Кавальери и др.), проведения касательных (Ферма, Торричелли), определения центров тяжести и т. п. Постоянное общение с Мерсенном помогло Робервалю войти в курс всего значительного, что происходило в математике. Не исключено, хотя полной уверенности в этом нет, что Роберваль кое-что прослышал о «Методе неделимых» Б. Кавальери задолго до того, как метод появился в печати («*Geometria indivisibilibus...*»,

1635), это предположение основывается на том, что в главных чертах метод неделимых сложился у Кавальери к 1629 г., в то время как Роберваль сам датирует свое изобретение того же способа не ранее 1630 г. Кавальери не скрывал своего метода, он часто говорил о нем в своих письмах.

Способ неделимых в том виде, в каком он вышел из рук Кавальери, хорошо известен, поэтому напомним его в нескольких словах. Возьмем для простоты задачу на плоскости. Допустим, требуется определить площадь плоской фигуры. Основная мысль способа заключается в том, что искомая площадь сравнивается с площадью известной фигуры. Для выполнения этого сравнения обе фигуры покрываются системами параллельных прямых. Кавальери приводит в качестве примера кусок материи, который можно представить состоящим из ряда параллельных нитей. Только число нитей в куске конечно, а число параллельных в плоской фигуре бесконечно. Эти параллельные и представляют собой неделимые для плоскости, как точки — неделимые для линии, а плоскости — неделимые для тела. Относительно неделимых Кавальери установил ряд теорем; главные из этих такие.

1. Совокупность неделимых одной и той же фигуры не зависит от выбора направляющей. На современном языке эта теорема выражает инвариантность площади плоской фигуры по отношению к повороту системы координат.

2. Площади двух фигур находятся в том же отношении, что и совокупности их неделимых, совокупности же находятся в определенном отношении, если этим отношением обладают неделимые сравниваемых фигур.

Практическое применение метода состоит в том, что устанавливают отношение площади неизвестной фигуры к уже известной и таким образом отыскивают неизвестную площадь. Сам Кавальери сознавал, что метод неделимых в той форме, как он его разработал, страдает логическими противоречиями. Одним из таких противоречий является то, что неделимое (линия) имеет на одно измерение меньше числа измерений у площади, а совокупность неделимых уже имеет столько же измерений, сколько площадь!

Роберваль пользовался неделимыми так же, как и Кавальери, но приписывал неделимому размерность со-

вокупности. Вилейтнер* высказывает предположение, что Роберваль ввел это различие, «чтобы замаскировать свою зависимость от Кавальери». Конечно, эта возможность не исключается, но, с другой стороны, нелогичность (размерность суммы отличается от размерности слагаемых) настолько бросается в глаза, что если к методу неделимых Роберваль, как он настаивает, пришел самостоятельно, то эта деталь метода могла возникнуть у него с самого начала именно в той форме, в какой Роберваль ее предлагает.

Заметим, кстати, что Паскаль преодолел логическую неувязку в построении Кавальери. Он, как известно, заменил «совокупность» Кавальери просто суммами. Вот как он обосновывал свою точку зрения: «...je ne feray aucune difference d'user cette expression — la somme des ordonnées qui semble n'estre pas géométrique à ceux n'entendent par la doctrine des indivisibles et qui s'imaginent que c'est pécher contre la géométrie que d'exprimer un plan par un nombre indefiny de lignes».

(«...я не вижу никакого отличия, когда употребляю это выражение — сумма ординат. Оно кажется не геометрическим тем людям, которые не понимают учения о неделимых и которые думают, что представлять плоскость как бесконечное число линий — значит грешить против геометрии»).

Как разрешал Роберваль *для себя* противоречия, встречающиеся в теории неделимых, осталось неизвестным. Но если судить по его главной работе, посвященной неделимым**, он или не подозревал об их существовании, или не

* Г. Вилейтнер. История математики от Декарта до середины XIX столетия. М., 1960, стр. 105.

** Мы пользовались изданным в Гааге собранием математических работ Роберваля: «Ouvrages de mathématique de M. de Roberval», à la Haye, 1731. В книге имеются (орфография подлинника):

1. Observations sur la composition des mouvemens et sur le moyen de trouver les touchantes des lignes courbes, p. 1—67.

2. Projet d'un livre de mécanique traitant de Mouvemens composez, p. 68—70.

3. De recognitione aequationum, p. 71—112. Статья на латинском языке подписана: «Auctore Aegidio Personerio de Roberval», откуда видно, что Роберваль тоже имел, как требовал обычай, латинизированную форму фамилии.

4. De geometria planarum et cubicarum aequationum resolutione, p. 113—203.

придал им значения. Во всяком случае, у него обоснования неубедительны даже с позиций XVII в. Вот начало статьи: «Pour tirer conclusions par le moyen des indivisibles, il faut supposer, que tout ligne, soit droit ou curbe, se peut diviser en une *infinité* de parties ou *petites lignes* tout égales entre elles, ou qui suivent entre elles telle progression que l'on voudra...» * («Чтобы выводить заключения с помощью неделимых, надо предположить, что всякую линию, идет ли дело о прямой или кривой, безразлично, можно разделить на *бесконечное* число частей или *отрезочков*, или совершенно равных между собой, или таких, которые следуют друг за другом в той или иной выбранной процессии».)

Слова, набранные курсивом, находятся в непримиримом противоречии между собой. Желая, видимо, сгладить его, автор далее предлагает эти «*petites lignes*» заменить точками и вместо того, чтобы говорить, что совокупность отрезочков (прямых или криволинейных — безразлично) находится к данной вещи в определенном отношении, следует говорить, что совокупность точек (*touts ces points*) находится к данной вещи в определенном отношении **. На стр. 209 он выражает эту мысль еще более определенно: «...la multitude infinie de points se prend pour une *infinité de petites lignes*, et compose la ligne entière» («...бесконечное множество точек принимают за бесконечное число отрезочков, которые образуют данную кривую»).

Все эти выдержки показывают, что там, где Кавальери видел (и справедливо) непреодолимые препятствия для совершенного логического построения, Роберваль, не мудрствуя лукаво, шел напрямик.

Посмотрим теперь, как применяет Роберваль метод неделимых для отыскания квадратуры кривой. Приведем

5. *Traité des indivisibles*, p. 205—290.

6. *De trochoide ejusque spatio*, p. 291—345.

7. *Epistola Aegidii Personerii de Roberval ad R. P. Mersennum*, p. 347—355.

8. *Epistola Evangelistae Torricellii ad Aegidium Personerium de Roberval*, p. 357—361.

9. *Epistola Aegidii Personerii de Roberval ad Evangelistam Torricellium*, p. 399.

Последующие ссылки — «Ouvrages» с указанием страницы. Отсюда же взяты и рис. 4—6.

* *Ouvrages*, стр. 207.

** Там же.

принадлежащее ему вычисление площади циклоиды. Роберваль не случайно обратился к ней. На протяжении всего XVII столетия циклоида была, если позволительно так выразиться, «модной» кривой. Нет, кажется, ни одного более или менее значительного математика того времени, который не попробовал на ней свои силы. Название «циклоида» введено Галилеем*. Галилей исследовал свойства циклоиды, но заметных результатов не получил. Как известно, он не смог найти аналитических средств для вычисления площади циклоиды и пробовал найти ее, взвешивая фигуру, ограниченную этой кривой, и сравнивал ее вес с весом ее производящего круга. К несчастью, отношение весов получалось разным: то меньше трех, то больше, как о том сообщает Торричелли Робервалю**.

Касательную к циклоиде находили Вивiani, Торричелли, Роберваль, Декарт, площадь была определена Робервалем, Ферма, Декартом, Торричелли; объемы тел, образуемых вращением циклоиды вокруг различных прямых, находили Роберваль, Паскаль, Торричелли, Гюйгенс; наконец, решена была такая трудная задача, как спрямление циклоиды (Рен, 1658). Интерес Роберваля к этой кривой усилен был еще тем обстоятельством, что издавна занимавший его парадокс Аристотеля требовал, конечно, глубокого знания ее свойств.

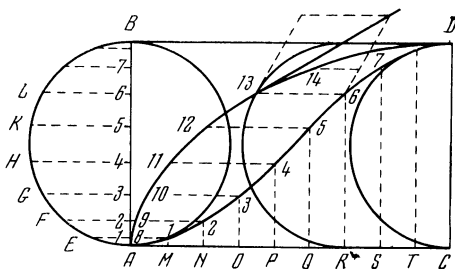
Для определения площади циклоиды Роберваль производит следующее построение*** (рис. 1). AGB — половина производящего круга; AC — отрезок прямой, по которой катится производящий круг, причем длина AC равна длине полуокружности AGB , т. е. $AC = \pi R$, где R — радиус круга. Линия AGB делится на равные части $AE = EF = FG = \dots$. На такие же части делится и спрямленная дуга AC , так что $AM = MN = NO = \dots$ и $AM = AE$ и т. д. Да-

* Об этом говорит Э. Торричелли в письме к Робервалю от 15 октября 1643 г.; см.: Ouyrages, стр. 359: «Nos enim nomine Clarissimus Galilaeus (орфография подлинника) appellavit 45 jam abhinc annis figuram quae fortasse tibi nunc trochois est.» («Именно так назвал 45 лет назад славнейший Галилей эту кривую, которая теперь, может быть, благодаря тебе, называется трохойдой»).

** Ouyrages, стр. 360. «Quod sialiquando, inconstante fallacia, reperisset minus quam triplum, aliquando vero majus» («Который иногда, из-за непостоянных погрешностей, получался меньше, чем трехкратным, иногда же немного большим»).

*** Ouyrages, табл. XV, фиг. 3.

лее из точек деления E, F, G, \dots опускаются перпендикуляры на диаметр AB , расположенный под прямым углом к AC . Эти перпендикуляры $E1, F2, G3, \dots$ суть, по старинной терминологии, синусы соответствующих углов. Из точек деления отрезка AC , т. е. из M, N, \dots восставляются перпендикуляры $M1, N2, O3, \dots$ до пересечения с продолжениями соответствующих отрезков $E1, F2, \dots$, так что $M1 = A1$,



Р и с. 1

$N2 = A2, O3 = A3$ и т. д. Линия, проходящая через точки $1, 2, 3, \dots$, лежащие над A, M, N, \dots , представляет собой синусоиду с осью, проходящей через центр круга, т. е. через середину диаметра AB , параллельно AC . Дуга кривой $A - 3 - D$ — это половина синусоиды. Отметим, что это было первое вычерчивание синусоиды в истории математики и, значит, Робервалю принадлежит та заслуга, что он — автор первого чертежа тригонометрической функции.

Переходим к построению циклоиды. В данном случае это будет траектория точки A . Когда круг пройдет отрезок AM , точка A займет на круге положение E , а вертикальный диаметр будет опираться на точку M и расстояние точки A от этого диаметра будет такое же, как расстояние точки E от диаметра AB на чертеже. Следовательно, если от точки 1 отложить влево отрезок $1-8$, равный отрезку $E1$, то получим точку δ , которая отмечает мгновенное положение точки A на окружности круга в тот момент, когда круг касается прямой AC в точке M .

Через некоторое время точкой касания будет точка N , и так как $AN = AF$, то точка A в этот момент будет помещаться в F . Если от точки 2 отложить влево по горизонтали отрезок $2-9$, равный отрезку $F2$, то точка 9 укажет расположение точки A на круге в этот момент. Отмечая по-

следовательно положения точки A точками 10 , 11 и т. д., получаем траекторию, описываемую этой точкой при качении круга, т. е. циклоиду. Роберваль почему-то не расположен был пользоваться названием, установленным Галилеем, и ввел название *трохоиды*. Ньютон еще пользовался этим термином, правда, для укороченной циклоиды. В настоящее время трохойдой называют только укороченную и удлиненную циклоиды, да и то не всегда. Паскаль и некоторые другие французские математики называли циклоиду «рулеттой», но и это название не удержалось.

Возвращаемся к задаче. Итак, на чертеже имеются две построенные по точкам кривые — синусоида $A-3-D$ и трохоида $A-11-D$. Так как трохоида построена с помощью синусоиды, то последняя именуется ее спутницей*. Кроме этих кривых, на чертеж наносится еще полукруг CDV . Прямоугольник $ABDC$ разделен на четыре части: клин $A-B-D-10-A$; петля $A-10-D-3-A$; клин $A-3-D-V-C-A$ и полукруг DVC . Понятно, что синусоида $A-3-D$ делит площадь прямоугольника $ABDC$ на две равные части ABD и ACD . Задача квадрирования циклоиды заключается в определении площади фигуры $A-10-D-C-A$. Эта фигура состоит из трех выше уже перечисленных. Вся трудность заключена в вычислении площади петли $A-10-D-3-A$. В самом деле, сторона AB прямоугольника равна $2R$, основание AC равно πR ; площадь $ABCD$ равна $2R \cdot \pi R$ или равна двум площадям круга. Следовательно, площадь криволинейной трапеции $A-3-D-C-A$ равна площади круга. Остается к этой площади прибавить площадь петли. На этом, самом трудном, этапе задачи и применяется метод неделимых. Роберваль выбирает в качестве «регулы» — направляющей прямой — прямую, перпендикулярную отрезку AB , и мысленно проводит неделимые в полукруге AGB и в петле AD . Некоторые из этих неделимых показаны на чертеже, это $E-1$ и $8-1$, $F-2$ и $9-2$ и т. д. Каждое из неделимых петли равно по построению соответствующему неделимому полукруга. На основании главных теорем метода неделимых заключаем, что и площади обеих фигур равны и, значит, площадь петли равна площади половины круга. Прибавляем эту площадь к площади трапеции ADC и получаем площадь полутора кругов. Следовательно, площадь полной

* Ouvrages, стр. 302; «Nos vocamus trochoidis comitem, seu sociam».

трохоиды равна утроенной площади производящего круга. Задача решена.

Мерсенн известил Декарта о том, чего удалось добиться Робервалю. 28 апреля 1638 г. он писал: «Что касается съёра Роберваля, он нашел множество новых результатов как геометрических, так и механических... Он нашел, что площадь рулетты равна трем площадям ее производящей окружности». Декарт ответил, что он не думал об этой задаче, и отозвался о решении Роберваля с похвалой *. Но он не был бы Декартом, если бы не прибавил, что вообще задача представляет мало интереса из-за ее простоты. Ведь задачу решил Роберваль!..

Сам Роберваль писал о том же решении Ферма 1 июня 1638 г. Ферма уже имел сведения от Мерсенна и даже успел высказать ему свои сомнения, но вскоре изменил мнение. Письмо от 27 июля он начинает словами: «Я беру за перо, чтобы оправдать г. Роберваля, не дожидаясь, пока моя предвзятая критика дойдет до него».

Пользуясь тем же методом неделимых, Роберваль нашел объемы различных тел вращения, порожденных трохойдой при вращении вокруг прямой, проходящей через ее вершину перпендикулярно основанию и вокруг основания.

Необыкновенная популярность циклоиды вызвала большое число работ, посвященных ее квадратурам, кубатурам тел вращения и т. д. Это очень беспокоило мнительного Роберваля. Он изливает горькие жалобы по поводу того, что есть иностранцы, набрасывающиеся на его открытия, как трутни на мед («*ut fuci apud favos invadunt*»), и вместо того, чтобы трудолюбием и заботой приготовить собственный мед, похищают результаты его труда. Здесь, видимо, скрывается намек на Торричелли, совершенно несправедливый, если не сказать вздорный. Немного ниже читатель узнает, как принял Торричелли упреки Роберваля.

Самый ценный вклад Роберваля в математику — это его кинематический метод проведения касательной к кривой. Он пришел к этому методу самостоятельно, одновременно с Торричелли и не преминул обвинить его в заимствовании.

Метод, о котором идет речь, основан на двух положениях кинематики: 1. Скорость сложного движения выражается диагональю параллелограмма, построенного на со-

* См.: Р. Декарт. Геометрия. М.— Л., 1938, стр. 183. Письмо Декарта Мерсенну от 27 мая 1638 г.: «Признаю, что до сих пор я о ней не думал и что его [Роберваля] замечание довольно красиво».

ставляющих скоростях, как на сторонах, и 2. Скорость точки в каждый момент совпадает по направлению с касательной к ее траектории. Роберваль поступает следующим образом. Он разлагает движение точки, описывающей данную кривую, на два движения; строит параллелограмм движений и направляет касательную вдоль диагонали параллелограмма. Разложение движения производится, как правило, таким образом, чтобы свойства составляющих движений вытекали непосредственно из определения кривой. Сам автор дает следующее практическое правило для применения его метода: «По специфическим свойствам кривой, которые вам даются, исследуйте различные движения точки, описывающей эту кривую, в том ее положении, где вы хотите провести касательную; все эти движения сложите в одно движение, проведите линию направления этого движения и получите касательную кривой» *. Следующие примеры показывают, как это делается. Пусть требуется провести касательную к параболе (рис. 2) в точке E ** . Вершина параболы расположена в точке F , фокус — в точке A , директрисса проходит через точку B . По определению параболы расстояния EA до фокуса равно расстоянию до директриссы. Следовательно, если движение точки, описывающей параболу, разложить на два движения — по направлению отрезка EA и прямой EN , то модули скорости обоих движений равны между собой. Исходя из этих соображений, откладываем две скорости v_1 и v_2 . Так как скорости равны по модулю, то получаем ромб. Диагональ его EC дает направление касательной к параболе в точке E . Столь же просто находится касательная к эллипсу. По определению эллипса сумма расстояний r_1 и r_2 точки эллипса до его фокусов есть величина постоянная, обычно обозначаемая $2a$. Отсюда следует, что сумма приращений равна нулю: $r_1 + r_2 = 2a$; $\Delta r_1 + \Delta r_2 = 0$; $\Delta r_1 = -\Delta r_2$; последнее равенство показывает, что сложение составляющих движений тоже дает ромб, но такой, что одна сторона его направлена от фокуса, другая — по направлению к фокусу. Диагональ этого ромба (или иначе биссектриса угла между одним ра-

* Ouvrages, стр. 22. «Observations», помещенные в Ouvrages, написаны учеником, бравшим у Роберваля частные уроки. Доклад, который Роберваль сделал в Академии наук в 1668 г., готовился по этому мемуару, следовательно, его можно считать авторизованным. На полях рукописи встречаются редакционные заметки Роберваля.

** Ouvrages, табл. 2, фиг. 5.

диусом-вектором и продолжением второго) направлена по касательной к эллипсу*.

С помощью этого способа Роберваль построил касательные к большому числу кривых. Мы укажем еще две из них — трохойду и спираль Архимеда. Движение трохойды в точке I (см. рис. 1) автор разлагает на два движения, совершенно так же, как это учит современная

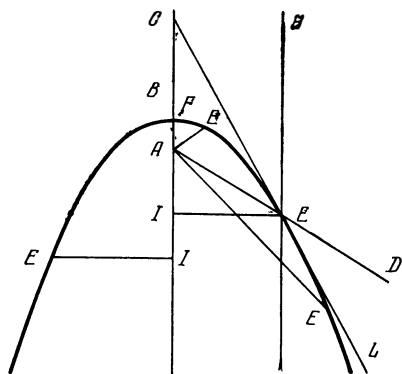


Рис. 2

кинематика: на переносное движение вместе с центром колеса (вектор, параллельный прямой AC) и на относительное вращение вокруг центра окружности (вектор, касательный к окружности). Диагональ полученного таким образом параллелограмма (точнее — ромба) и дает касательную к трохойде. В спирали Архимеда движение точки разлагается на движение вдоль радиуса и вращение вокруг полюса спирали. В этом методе, таком, казалось бы, естественном и простом, Роберваль допустил ошибку, настолько глубоко скрытую, что она была обнаружена лишь в XIX в. ** (Дюамель, 1831).

* Рассуждения Роберваля, на основании которых он получает скорость точки, вычерчивающей параболу или эллипс, вытекают непосредственно из способов построения этих кривых. Но изложение строго по Робервалю потребовало бы привести предварительно эти способы (они даны Мидоржем в его книге о конических сечениях), а суть вывода сохранена, и мы сочли возможным, ради краткости, применить более современный прием.

** Об этой ошибке см.: Г. Г. Цейтен. История математики в XVI—XVII вв. М.—Л., 1933, стр. 313.

В двух тонких вопросах интегрирования, в спрямлении спирали и в вычислении несобственного интеграла, Роберваль уступил приоритет Торричелли, но решения нашел самостоятельно. Как и Торричелли, Роберваль определял длину спирали не непосредственно, а с помощью параболы: сперва находилась дуга параболы, равная по длине данной дуге спирали, и потом вычислялась длина дуги параболы. Но так как длина дуги параболы была известна, то задача о спрямлении спирали считалась решенной, если приводилась эквивалентная парабола. Роберваль дал спрямление спирали Архимеда, исходя из следующих простых соображений. Если считать, что угол поворота радиуса точки, описывающей спираль, изменяется пропорционально времени ($\varphi = \omega t$) и длина радиуса, как положено этой спирали, растет пропорционально углу ($\rho = a\varphi = a\omega t$), то скорость движения точки по спирали будет пропорциональна первой степени времени, а следовательно, путь будет пропорционален квадрату времени. Если по одной из осей прямоугольной системы координат откладывать величину, пропорциональную радиусу точки, а по другой оси — пропорциональную пройденному пути, т. е. длине дуги, то получится обыкновенная квадратичная парабола. Чтобы определить параметр параболы, надо выполнить следующее. Параболу $x^2 = 2py$ выразить через параметрические функции времени $x = x(t)$; $y = y(t)$ и тоже сделать с полярными координатами точки спирали. Затем элемент дуги ds выразить через координаты параболы, с одной стороны, и через координаты спирали, с другой. Прирав-

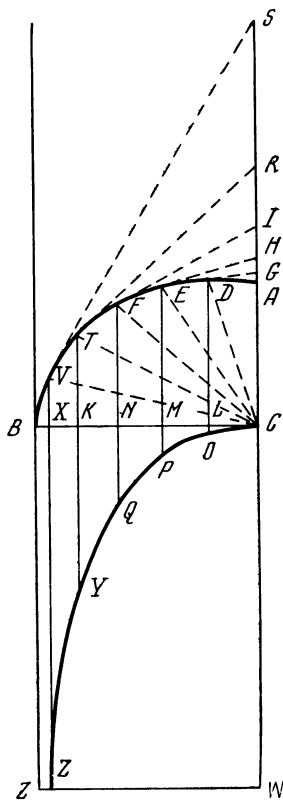


Рис. 3

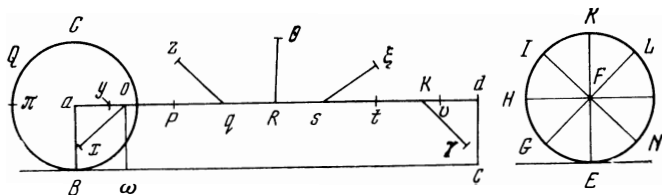
няя эти два выражения, найдем, как выражается параметр параболы p через коэффициенты спирали, когда длины дуг обеих кривых совпадают.

Работа Роберваля над спрямлением спирали Архимеда относится к 1643 г. Точнее, он получил результаты в конце 1642 г., но в переписке Роберваль — Ферма — Мерсенн они отмечаются в начале 1643 г. Например, письмо Ферма с оценкой (неодобрительной) работы Роберваля датировано 16 февраля 1643 г. Отметим, что первое спрямление спирали (логарифмической) произведено Торричелли, по-видимому, в 1640 г.

Между работами Торричелли и Роберваля мы находим еще то общее, что оба они вычислили по несобственному интегралу, причем геометрический смысл их вычислений был неодинаков. Торричелли вычислил длину дуги логарифмической спирали от произвольной точки, взятой на спирали, до ее полюса, т. е. длину дуги на бесконечном числе витков. Таким образом, выражаясь современным языком, он вычислил несобственный интеграл с бесконечным верхним пределом и непрерывной подынтегральной функцией. Не то было у Роберваля. В его интеграле пределы конечны, а подынтегральная функция стремится к бесконечности, когда аргумент приближается к верхнему пределу интегрирования. Хотя вычисление произведено, по обычаю того времени, чисто геометрически, оно выполнено столь простыми средствами и приводит к такому изящному результату, что вполне уместно с ним познакомиться. На рис. 3* кривая AFB — заданная. Пусть касательная к этой кривой в точке B направлена по BZ перпендикулярно BC . Строится кривая CQZ следующим образом. Дуга AB делится на некоторое число частей AD , DE , EF и т. д. (число частей неограниченно увеличиваем). В каждой из точек D , E , F , ... строим касательные. Отрезки этих касательных DG , EH , FI и т. д. оканчиваются на прямой WC , проведенной параллельно ZB . Так как касательная в точке B параллельна прямой WC , то ее отрезок бесконечен. Далее, строятся параллелограммы $ADOC$, $DEPO$, $EFQP$ и т. д. Для этой цели из точки D проводим отрезок, равный и параллельный отрезку CG , из точки E — отрезок, равный и параллельный отрезку CH , и т. д. и соединяем между собой концы этих отрезков O , P , Q , ... Получаем фигуру

* Ouvrages, табл. XXIV, фиг. 1.

$BFACQ$. Крайняя точка фигуры уходит в бесконечность. Требуется определить площадь этой фигуры. Для этой цели из точки C проводятся лучи к точкам D, E, F, \dots . Треугольники CAD, CDE и т. д. покрывают фигуру CAB . Рассмотрим параллелограмм, например $EFQP$, и соответствующий ему треугольник EFC . У обоих общее основание EF и равные высоты. Последнее вытекает из того, что продолжение стороны QP параллелограмма, если считать параллелограмм бесконечно узким, пройдет через точку C . При равенстве основания и высот параллелограмма и треугольника площадь первого из них равна двум площадям второго.



Р и с. 4

Но все треугольники покрывают фигуру ABC . Следовательно, сумма площадей всех параллелограммов, т. е. площадь фигуры $BFACQ \dots$, равна двум площадям фигуры ABC . Отсюда следует, что площадь фигуры $BCQ \dots$ равна площади ABC и, таким образом, имеет конечное и определенное значение. Тем самым взят несобственный интеграл от кривой $CQ \dots$, уходящей в бесконечность на области интегрирования CB .

Для математика, владеющего такой техникой, какая была в распоряжении Роберваля, задача Аристотеля, предложенная в 1628 г. Мерсенном, не могла представить трудности. Уже в 1634 г. он легко решил ее. В дополнение к тому, что уже рассказано о работе Роберваля над трохойдой, покажем еще один способ построения кривой (рис. 4). Окружность с центром a катится без скольжения по прямой BC ; длина BC равна длине окружности. Рядом помещен вспомогательный чертеж той же окружности с центром F . В этой окружности проведено несколько радиусов, концы которых K, L, M, \dots, I делят окружность на равные части. Прямая ad , равная и параллельная BC , делится на те же равные части. Считается, что движение окружности начинается в тот момент, когда ее радиус aB занимает вер-

тикальное положение. У вспомогательной окружности этому положению радиуса соответствует радиус FE . Далее, из точки O откладывается отрезок Ox , повторяющий радиус FG вспомогательной окружности. Из точки P откладывается Pu , равный и параллельный FH , и так далее, до радиуса ds , заканчивающего полный оборот окружности. Никаких доказательств Роберваль не приводит, вероятно, из-за простоты предмета, и заканчивает описание построения словами: «Я говорю, что линия, описанная точкой B , пройдет через точки $xuz\theta\xi v\gamma$ и закончится в C . И это независимо от того, будет ли линия равна или не равна окружности круга». Последняя фраза относится к укороченной и удлиненной трохоидам. Впрочем, название «трохоида» Роберваль применял лишь начиная с 1658 г., а до того называл ее рулеттой, как и другие математики французы. Итальянцы же применяли название, данное Галилеем, т. е. то, которое сохранилось и в наше время, — циклоида.

Нами изложены важнейшие работы Роберваля в области математики. Они поставили его в ряд первых математиков Франции, таких, как Ферма, Декарт. Эти работы: самостоятельное (или почти самостоятельное) открытие метода неделимых, кинематический способ проведения касательных, существенные открытия, связанные с трохойдой, и некоторые особенно интересные интегралы. Роберваль произвел также некоторые исследования в алгебре (например, рассмотрел частные случаи теоремы Виета) и в геометрии. Здесь он вывел уравнения конических сечений и, что несколько выходит за рамки средних работ того времени, установил уравнение конхоиды Никомеда, правда, не в окончательной форме. Между прочим, Робервалю приписывается одна теорема элементарной геометрии, ныне общеизвестная. Лагир (de Lahire, 1640—1718) на заседании Академии наук 23 августа 1715 г. сделал следующее сообщение: «В каждом четырехугольнике $ABCD$, если разделить все его стороны пополам в точках E, F, G, H и провести через эти точки деления линии EF, EH, GF, GH , то полученная фигура будет параллелограмм $EFGH$, и это — предложение г. Роберваля».

Остановимся теперь на работах Роберваля по механике. Роберваль дал определение силы. Это — существенный момент в истории основных понятий механики, так как никаких сил, кроме веса, или сил, вызванных весом (напри-

мер, на блоке), до Роберваля не рассматривали. «Это — качество, посредством которого тело стремится переместиться в другое место, будет ли это место внизу, сбоку или сверху и независимо от того, присуще ли это качество самому телу или сообщено ему со стороны». Если сила заставляет тело переместиться вверх, как в первой половине определения, то это еще не говорит о том, что сила должна отличаться по своей природе от веса, поскольку система блоков может использовать вес для придания перемещению любого направления. Вторая же половина этого определения предусматривает возможность силы и другой природы. Это, в частности, подтверждается следующим мнением самого Роберваля. Он считает, что сила веса, возможно и даже весьма вероятно, есть естественное присущее телам стремление соединиться; таким образом, вес есть свойство, внутренне присущее телу. Отсюда следует, что «качество сообщенное телу со стороны», не есть, по Робервалю, вес данного тела. Вес тела есть его универсальное свойство, и поэтому, как считает Роберваль, можно говорить о земном весе тела, лунном, солнечном и т. д. Любопытно, что Роберваль путем качественных рассуждений пришел к правильной оценке изменения веса в зависимости от расстояния от центра Земли. С погружением тела в Землю, он говорит, вес тела уменьшается, и также тело весит меньше на вершине высокой горы. Последнее заслуживает особенного внимания, так как работа написана до опытов Паскаля на Пюиде-Дом.

Роберваль далеко не был свободен от схоластической рутины. Правда, она легко выветривалась под влиянием естественнонаучных фактов, но до того, как такие факты делались известными Робервалю, рутина господствовала в некоторых уголках его сознания.

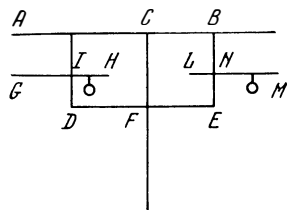
Отметим взгляд Роберваля на пустоту в природе. Во второй из приведенных работ по механике он называет два естественных (т. е. предлагаемых самой природой) принципа подъема воды: давление извне на воду и всасывание. Чем объясняется явление всасывания? Тем, что природа не выносит пустоты «*la nature ne peut (le) souffrir*». Этот ответ показывает, что Роберваль придерживался средневекового объяснения всасывания с помощью *horror vacui* (боязнь пустоты). В то время, когда Торричелли и Вивiani проделывали свои знаменитые опыты со ртутью, в Риме жил Франсуа Вердю (*Verdu*) — ученик Роберваля, знавший его

еще с тех времен, когда Роберваль молодым учителем бродил по Франции. Вердю прислал в Париж известие с описанием опытов Торричелли. Мерсенн так сильно заинтересовался этими опытами, что поехал в Рим с намерением убедиться лично в справедливости известия. Он неоднократно присутствовал при опытах Торричелли, но не ограничился этим, а обследовал или, проще, прощупал своими руками все части прибора: трубки, сосуды и проч. Когда Мерсенн, по возвращении в Париж, подробно описал виденное и сам повторил знаменитый опыт, что, кстати сказать, потребовало немалых трудов, потому что Париж не располагал ни искусными стеклодувами, ни даже нужным количеством ртути, Роберваль сразу превратился из «перипатетика» в этом вопросе в горячего приверженца нового направления. Он проявил, надо отдать ему справедливость, и изобретательность экспериментатора и темперамент защитника своего мнения. Он, например, помещал в «якобы пустоту» (*veluti vacuum*) мелких животных, каплю воды, каплю воздуха и т. д. для того, чтобы убедить своих многочисленных зрителей и противников, т. е. сторонников *horror vacui*.

По свойствам своего характера Роберваль не мог быть бесстрастным свидетелем научного спора. И в вопросе о возможности пустоты он, ставши на сторону Паскаля, принимал близко к сердцу развитие спора и торжествовал при успехах своего лагеря. Сам Роберваль говорит, что Паскаль проделывал множество опытов перед аудиторией, состоящей из последователей Аристотеля. «И бедные недоучки сидели с заткнутыми ртами. Они надеялись, что результаты опытов будут противоположными», — говорит он.

Однако когда дело доходило до того, чтобы резюмировать выводы из опытов Торричелли, Паскаля и своих собственных, Роберваль предпочитал более осторожные редакции. В ответ на вопрос, какова его собственная оценка этих опытов, он раньше всего подчеркивал, что не ставил перед собой цель решить столь большой и давний спор, как спор о существовании в природе пустоты. Он-де ставил перед собой значительно более узкую задачу: исследовать пространство над ртутью в трубке Торричелли. Он считал, что эту задачу он решил, установив, что в этом пространстве имеется, самое большое, сильно разреженный воздух. Что касается его мнения по главному вопросу, то он считает, что этот вопрос так и остался неразрешенным, но он скло-

няется к гипотезе пустоты, потому что, как ему кажется, представить себе пустоту не труднее, чем сверхтонкую материю, заполняющую весь мир (камень в огород Декарта). Приходится признать, что с основами гидростатики у Роберваля было не очень благополучно. Начать хотя бы с того, что в его рассуждениях о плавающих телах закон Архимеда даже не упоминается. И это нельзя признать случайностью. Роберваль или не признавал этот закон, или не понимал его. Как это ни невероятно, но приходится склоняться скорее ко второму предположению. В самом деле, чем иначе можно объяснить такое место в «Механике» Роберваля: рассматривается случай, когда хорошо выполненный деревянный куб погружен в воду и одной гранью точно прикасается ко дну; по заключению автора, такой куб не должен всплывать, потому что он испытывает только давление сверху и с боков! Все это тем более странно, что имелись уже работы Стевина и особенно Галилея*.



Р и с. 5

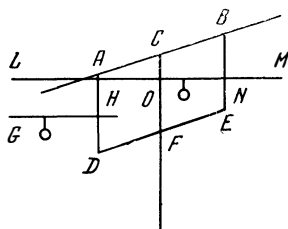
О творчестве Роберваля в области механики остается сказать еще несколько слов. Роберваль, как уже отмечалось, был глубоким экспериментатором. Он тщательно продумывал опыт перед постановкой и умел извлекать из результатов опыта далеко идущие выводы. Он изобрел несколько приборов: ареометр, мощный пульверизатор технического назначения, весы. Скажем несколько слов о весах, известных под именем *весов Роберваля*.

Особенность этих весов, обеспечившая их повсеместное признание, и их устройство общеизвестны, поэтому можно ограничиться несколькими словами. Интерес представляет лишь объяснение, которое дает автор принципу действия.

На рис. 5 приведен чертеж Роберваля, приложенный к тексту доклада; этот доклад предложен Академии наук 21 августа 1669 г. Два коромысла AB и ED вместе с тягами AD и BE образуют шарнирный параллелограмм. Опоры или оси вращения коромысел находятся в точках C и F. При колебаниях коромысла AB на опоре C (соответственно DE на

* С. С т е в и н. Начала гидростатики. Г. Г а л и л е й. Рассуждение о телах, пребывающих в воде... Обе работы — в сборнике «Начала гидростатики». М.—Л., 1933, перевод А. Н. Долгова.

опоре F) тяги AD и BE остаются вертикальными. И это решает задачу. Две платформы GHI и LMN жестко скреплены с тягами так, что их плоскости перпендикулярны тягам. И так как тяги при движении весов остаются вертикальными, то платформы постоянно горизонтальны, что и требуется для правильной работы весов. Посмотрим теперь, как изобретатель объясняет их действие. Груз Q , говорит он, имеет два веса: один натуральный и один — перемещающий весы. Второй вес не изменяется ни в ту, ни в другую сторону, когда груз Q перемещается из положения N в положение M , «так как вся рука LMN всеми своими точками одинаково восходит либо нисходит с движением весов»*. Последнее рассуждение показывает, что Роберваль правильно понимал сущность принципа, положенного в основание изобретения.



Р и с. 6

В самом деле, напомним условие равновесия весов Роберваля, выведенное из принципа возможных перемещений. На рис. 6 дается схема возможного перемещения весов. Пусть угол поворота ф коромысла будет обобщенной координатой механизма; $\Delta\phi$ — возможное перемещение. Вертикальные смещения грузов будут $\delta_1 = l\Delta\phi$ и $\delta_2 = l\Delta\phi$ (рассматриваются равноплечие весы). Сумма работ грузов должна равняться нулю: $P\delta_2 - Q\delta_1 = 0$, или $Pl\Delta\phi - Ql\Delta\phi = 0$, откуда сразу видно, что положение грузов на платформах не входит в условие равновесия и именно по той причине, которую подчеркнул в своем объяснении Роберваль, т. е. потому, что «вся рука LMN всеми своими точками одинаково восходит или нисходит с движением весов». Насколько тонко постиг автор работу изобретенного им механизма, видно из следующего его предложения: платформу LMN можно продолжить влево настолько, что груз Q окажется, как и груз P , по левую сторону от опор C и F , или, другими словами, грузы окажутся по одну сторону от точки опоры рычага, и тем не менее он будет оставаться рычагом первого рода и весы будут исправно действовать.

* «Siquidem totum ipsum brachiolum LMN secundum omnia sua puncta aequaliter ascendit vel descendit ad librae motum» (Доклад Академии наук 21 августа 1669 г.).

Роберваль всю жизнь был идейным противником Декарта. Он не только расходился с ним во всех отраслях науки, которые охватил великий философ своей системой. Он не упускал случая сразиться с философом, будь то диспут в обществе ученых, или переписка, или печатное выступление. При несдержанном характере Роберваля эта идейная вражда переходила в неприязненные личные отношения. Как выяснится из сравнения мнений обоих ученых по самым различным областям науки, они стояли на противоположных научных и философских платформах и не могли не враждовать. При этом личные свойства обоих могли придать столкновениям лишь ту или иную эмоциональную окраску.

В 1645 г. развернулась полемика в области механики твердого тела. Она имела очень большое значение для развития механики системы, так как впоследствии привлекла внимание крупнейших ученых — Якова Бернулли, Христиана Гюйгенса, Як. Германна, Л. Эйлера и других — и во многом способствовала развитию теории маятника. Удивительное умение Мерсенна сосредоточивать внимание на наиболее важных вопросах естествознания выразилось, между прочим, и в том, что он ставил перед учеными различные задачи, которые, как правило, обнаруживали богатейшее содержание*. Одной из таких задач была следующая: для данного маятника, составленного из конечного или бесконечного числа материальных точек, найти такой математический маятник (т. е. маятник с одной материальной точкой), период колебаний которого равнялся бы периоду данного. Период математического маятника задается одной величиной — его длиной, т. е. расстоянием от материальной точки до точки подвеса. Поэтому задачу иногда формулируют иначе: найти длину математического маятника, имеющего период данного физического. Эту задачу предложил Мерсенн в конце 1645 г. одновременно нескольким ученым: Декарту, Фабри**, Гюйгенсу и др.

* Паскаль говорил по этому поводу: «Il avait un talent particulier pour former de belles questions... il a donné l'occasion de plusieurs découverts que, peut-être, n'auraient jamais été faite s'il n'y eust excité les savants». (Он имел особый талант ставить великолепные вопросы... Он наталкивал на многие важные открытия, которые, может быть, никогда бы не были сделаны, если бы он не побуждал [к этому] ученых).

** Н. Fabri (ок. 1606—1688) — французский математик. Ввел в 1659 г. термин «линия синусов» («синусоида»).

Гюйгенс, тогда еще почти ребенок (он родился в 1629 г.), взялся вплотную за эту задачу позднее и привел в «Маятниковых часах» («Horologium oscillatorium», изд. 1673) ее полное решение. Декарт был первым, ответившим на предложение Мерсенна (письмо от 22 марта 1646 г.). Он дает правила вычисления приведенного маятника для разных случаев.

Никакого вывода Декарт не предлагает. Он ограничивается качественными рассуждениями, очень остроумными и своеобразными*. Роберваль ответил почти немедленно. Раньше всего он дал математический вывод правила, предложенного Декартом для простейшего его случая (тонкий однородный стержень, подвешенный за один из его концов), а затем дает критику правил, предложенных для случаев более сложных. Для случая однородного стержня правило Декарта таково: стержню задаются малые колебания вокруг оси подвеса; находится центр тяжести треугольника, отмечаемого стержнем при его колебаниях (из-за малости колебаний круговой сектор заменяется треугольником); этот центр тяжести находится на расстоянии $\frac{2}{3}$ длины стержня от вершины треугольника; Декарт называет его «центром возбуждения» (*centre d'agitation*).

Роберваль дает правилу следующее основание**. Однородный стержень, центр возбуждения которого ищется, мысленно разбивается на произвольное число малых масс. Векторы количества движения этих масс относятся, как их скорости, следовательно, пропорциональны (по модулям) дугам, описываемым массами, или, ввиду малости дуг, отрезкам касательных. Отсюда следует, что векторная диаграмма импульсов сил, приложенных к этим массам, заполняет площадь треугольника. Декарт считает, что центр возбуждения играет при качаниях маятника такую же роль, как центр тяжести при свободном падении тела. Отсюда непосредственно получаем правило Декарта. Роберваль, таким образом, поставил на твердое основание Декартово правило в том случае, когда оно, по мнению Роберваля, верно. Тем

* Эти рассуждения почти полностью помещены Лагранжем в «Аналитической механике» (М.—Л., 1950, т. I, стр. 302).

** Статья Роберваля «Le centre de percussions d'une ligne droite...» помещена в собрании сочинений Декарта: R. Descartes. Oeuvres, v. 9, p. 528—529. Тому же вопросу посвящена неизданная работа Роберваля «De percussionis».

с большей силой опровергает он правило для тех случаев, когда колеблется тело, у которого все три размера таковы, что нельзя тело считать плоской фигурой. В этом споре, как и в некоторых других, Роберваль оказался прав: правило Декарта действительно приводит к ошибкам в более сложных случаях. Декарту было известно, что эксперимент не подтверждает его правило. Он пытался объяснить расхождение опыта с его правилом влиянием сопротивления воздуха. Роберваль, детально рассмотрев поведение отдельных точек тела при качаниях, настаивал на том, что правило в общем случае просто неверно.

Математические споры показали, что возражения Роберваля Декарту имели большей частью солидные основания. Они не могли не придать Робервалю достаточно уверенности, чтобы искать случая нанести поражение Декарту и в других областях науки.

При жизни Роберваля вышли только два его сочинения: «Механика», о которой была речь выше, и книга по астрономии *— «О системе мира, о его частях и свойствах, Аристарха из Самоса». Из заглавия книги как будто следует, что ее автор — Аристарх. В действительности это — маскированный маневр Роберваля. Аристарх из Самоса (конец IV в.— начало III в. до н. э.) — выдающийся астроном древности. Архимед начинает свой «Псаммит» ** ссылкой на не дошедшее до нас сочинение Аристарха «Предложения», из которой можно легко представить систему, построенную Аристархом: «Он (т. е. Аристарх) полагает, что неподвижные звезды и Солнце не меняют своего места в пространстве, что Земля движется по окружности около Солнца, паходящегося в ее (окружности) центре, и что центр шара неподвижных звезд совпадает с центром Солнца». Из этих строк видно, что система Аристарха есть не что иное, как схема, которую положил Коперник в основание своего труда. Роберваль пожелал выступить с сочинением, поддерживающим коперниковскую систему мира. Однако свежее воспоминание о процессе Галилея и об его мытарствах заставило Роберваля проявить осторожность (кстати, в этом он не расходился со своим идейным противником; Декарт тоже кое-что изменил в

* «Aristarchi Samii de Mundi Systemate, partibus et notibus eiusdem, liber singularis». Parisiis, 1644.

** Архимед. Исчисление песчинок (Псаммит). М.— Л., 1932, стр. 68.

своих публикациях в связи с процессом Галилея); он выдал свое сочинение за перевод с арабской рукописи. Это дало ему возможность не упоминать имени Коперника и перекладывало ответственность с подлинного автора на Аристарха. Неизвестно, дала ли ожидаемый результат эта мистификация по отношению к церковным властям, но среди ученых было широко известно, кому принадлежало авторство. Ко времени выхода «Аристарха» (1644) Декартом были уже написаны «Трактат о свете» (1622—1632), «Рассуждение о методе» с приложением «Диоптрики», «Метеоров» и «Геометрии» (1637) и другие сочинения, подробно излагающие его общефизические или натурфилософские взгляды, его космогоническую систему и т. д. Поэтому «Аристарх» можно рассматривать как своего рода натурфилософское кредо, противопоставленное широкой картине мира, развернутой Декартом в его трудах и письмах.

Напомним в нескольких словах основные черты физики Декарта. Вселенная (*le Monde*) построена из элементов трех родов: элементов огня, элементов воздуха и элементов земли. Элементы воздуха и земли служат строительным материалом для всего мира, назначение элементов огня — несколько иное. Во-первых, они неизмеримо тоньше и подвижнее остальных. Они настолько тонки, что без труда проходят через промежутки между частицами твердых, жидких и газообразных тел. Во-вторых, они выполняют наиболее деликатные функции, например передают свет.

Мир создан богом так, что сперва был хаос, затем непрекращающееся движение привело к разделению веществ и образованию «упорядоченного» мира со следующим устройством: в центре мира находится неподвижное Солнце, вокруг которого вращаются планеты со спутниками, в том числе Земля с Луной. Непрерывное и всеобщее вращение начинается с неба («большого неба»), окружающего солнечную систему. Это вращение увлекает все, находящееся внутри неба: планеты, Землю с атмосферой и с Луной и т. д.

В системе Роберваля центральным телом является, как и у Декарта, Солнце; как и у Декарта, имеется жидкость; на этом кончается сходство. У Роберваля говорится о жидкости очень разреженной и прозрачной, заполняющей все межпланетное пространство. Солнце, по Робервалю, — раскаленный шар. Будучи погружено в жидкость, оно нагревает ее. Но чем дальше от Солнца, тем менее нагрета жид-

кость и тем она плотнее. Тело, погруженное в нее, перемещается в такую область, где плотность жидкости равна плотности тела. Отсюда вытекает, что все тела, принадлежащие солнечной системе, располагаются по концентрическим сферам, центр которых совпадает с центром Солнца.

Три стихии — воздух, вода и земля — имеются и у Роберваля, но опять-таки, кроме названий, не имеют ничего общего с элементами Декарта. Здесь речь идет не об элементах, из которых составлены все вещества в мире (кстати, Декарт особенно заботится о том, чтобы читатель не отождествил *элементы* с реальными *веществами* — огнем, воздухом, землей (см., например, «Космогонию» *), а об обычных окружающих нас средах. При этом Роберваль считает, что вещества распределяются сообразно своей плотности, так как чем больше плотность, тем больше вес (удельный) тела и тем сильнее оно стремится к центру. Поэтому земля сосредоточена в центре, ее частично покрывает вода, а то и другое обнимает воздух. Диаметр образовавшейся таким образом сферы примерно в сто раз больше диаметра Земли. Заметим, что те немногие цифры, которые называет Роберваль, существенно отличаются от широко распространенных в его время значений. Например, такой большой авторитет, как Торричелли, принимает высоту атмосферы в 50 миль, т. е. такую, какая тогда была общепринятой **. Плотность воды, считает Роберваль, в тысячу раз больше плотности воздуха. В 1638 г., всего за шесть лет до выхода «Аристарха», изданы «Discorsi» Галилея, в которых указана плотность воды по отношению к воздуху, равная отношению 400 : 1 («Беседы», День первый) ***. Однако Роберваль не посчитался с данными Галилея. Соответствующее место в «Аристархе» позволяет предположить, что Роберваль сам ставил опыты по определению относительных весов воздуха и воды. Так или иначе, сравнение двух систем — Декартовой и Робервалевой — показывает их коренное различие. Дальнейшие сопоставления покажут всю глубину этого различия.

Аристотелевцы, или, как их было принято называть, перипатетики, считали, что пустота в природе, вообще го-

* Р. Декарт. Космогония. М.—Л., 1934, стр. 156.

** См.: В. П. Зубов. Из переписки между Э. Торричелли и М. Риччи. «Вопросы истории естествознания и техники», вып. 8, 1959, стр. 100, примеч. 5.

*** Г. Галилей. Избранные труды, т. II. М., 1964, стр. 178.

вора, возможна, но практически не встречается, так как природа «боится» ее *. Эта «боязнь» так же мало объясняла явления, как и силы, которыми аристотелевская, вернее, схоластическая, философия наделяла все тела. Поэтому опыты, доказывающие, что никакой боязни у природы нет, были очень важны и для экспериментальной физики, и для борьбы мировоззрений. Именно поэтому опыты Торричелли получили такую популярность и имели громадное значение для утверждения новой, Галилеевой, или экспериментальной, физики. Декарт приводит следующие соображения по поводу того, что вино не течет из отверстия, сделанного в нижней части бочки, если нет доступа воздуха в бочку: «Ведь прекрасно известно, что вино это не обладает никаким умом и не может бояться чего-нибудь; да и неизвестно, каким образом оно могло бы узнать о пустоте, если бы даже и имело ум, ибо пустота является, в конце концов, лишь химерой». Если пустота, таким образом, есть плод воображения, то что же тогда, по Декарту, пространство? Ответ довольно неожиданный: никакого пространства, как отдельного физического понятия нет. Возникает естественный вопрос, как понимать то, что простирается между двумя телами. Ответ заключается в том, что двух тел, разделенных *ничем*, быть не может. Мир состоит из тел, соприкасающихся друг с другом. Если какая-нибудь часть пространства определяется телом, заполняющим эту часть, то, с другой стороны, и тело определяется лишь своими высотой, шириной и длиной, т. е. тем пространством, которое это тело занимает. Конечно, эта картина нужна Декарту не сама по себе, а для того, чтобы объяснить механическую картину мира. Декарт допускает воздействие одного тела на другое только в форме непосредственного воздействия или удара, а это возможно только тогда, когда каждое тело соприкасается с другим. Кроме того, непрерывное заполнение пространства необходимо для механизма тяготения.

Ничего похожего нет у Роберваля. Он не озабочен построением физической картины мира. Он решает узкую и строго ограниченную физическую задачу: есть ли пустота над мениском ртути в трубке Торричелли или нет? Получив определенный ответ, он, не смущаясь философскими труд-

* Не следует, конечно, понимать антропоморфично это выражение: оно использовалось как краткое обозначение определенного свойства тел.

ностями и прямо адресуясь к Декарту, говорит: «Да, пустота есть». Отсюда уже без труда получает, что пространство и находящиеся в нем тела — вещи совершенно различные и что тела могут перемещаться в пространстве независимо от него, используя это пространство только какместилище для себя. Пространство — понятие чисто геометрическое, конечно, оно вполне реально, но никакими физическими свойствами не обладает. До опытов Торричелли, как выше говорилось, Роберваль придерживался аристотелевского взгляда на пустоту и, как полагается перипатетику, считал, что столб жидкости поддерживается внутренней силой — силой «боязни пустоты». Опыт, однако, был для Роберваля высшим судьей, и с 1644 г. он становится убежденным сторонником толкования Торричелли, а значит, убежденным противником взглядов Декарта. Роберваль говорит, что Декарт смешивает две вещи (пространство и материальное тело) совершенно разные. Декарт возражает: «Мои размышления существенно возвысили меня над обычной наукой, и я вижу ясно и отчетливо, что тело и пространство — одна и та же вещь, тогда как вы делаете из них две разные вещи в силу непонятной мне интеллектуальной слепоты». В ответ на это довольно нескромное заявление Роберваль отвечал в свойственной ему манере: «Многие мои друзья и я сам читали ваши возвышенные размышления, но не нашли в них абсолютно ничего замечательного. Ничего мы там не увидели, одни только умственные спекуляции и пустые софизмы» *.

Спор о пустоте имел тем большее значение, что с ним тесно связан вопрос о тяготении. При построении системы мира неминуемо вставала проблема взаимного притяжения небесных тел. В послептолемеевской астрономии первым, кто затронул (не больше) эту тему, был Кеплер, если не считать Гильберта (1540—1603), говорящего в своем «*De magnetе*» (1600) о Земле как о большом магните. В «*Новой астрономии*» (1609) Кеплер говорит, что Земля тащит Луну за собой, а Луна вызывает прилив **. Декарт не толь-

* Цит. по кн.: L. Auger. Gilles Personne de Roberval. Paris, 1962, p. 162. Материал отчасти взят из этой книги.

** Галилей решительно отвергал объяснение Кеплера: «Кеплер.. допускал особую власть Луны над водой... и тому подобные ребячества» («Диалог о двух главнейших системах мира», День четвертый. В кн.: Г. Г а л и л е й. Избранные труды, т. I. М., 1964, стр. 552).

ко не принимает этого объяснения, он даже отказывается понять, как можно придерживаться подобных взглядов. Для того чтобы ясно было различие позиций Декарта и Роберваля, покажем вкратце, как объяснял тяготение (*l'attraction*) Декарт. Механизм того явления, которое называют тяготением, объясняется двумя факторами: во-первых, царящими во всей Вселенной вращениями и, во-вторых, отсутствием пустого пространства. В «Мире» в главе XI «О тяготении» приводится следующее объяснение того, почему камель падает вниз. Камель, обладая более тяжелой материей, чем такое же количество окружающего его воздуха, меньше увлекается вращением неба, чем воздух. Более медленное вращение вызывает и меньшее стремление вверх. Отсюда получается, что воздух легок по сравнению с камнем. В действительности нет ни легкости, ни тяжести, есть только большее или меньшее стремление отлететь от центра вращения. Ясно, что непосредственное касание тел играет в этом механизме существенную роль. «Камель противостоит другому подобному же количеству воздуха, находящемуся под ним. Место этого воздуха он должен будет занять, если станет приближаться к центру; подъем этого воздуха является необходимым условием того, чтобы камель спускался» *. Прибавим к этому, что увлечение одного тела другим предполагает их касание или передачу ударов соприкосновением.

Роберваль объясняет тяготение совершенно иначе. Он исходит из гипотезы Кеплера, но дает более детальную, чем тот, картину взаимного тяготения тел. Во-первых, он говорит, это особое свойство материи; оно присутствует в каждой частице, и под действием этого свойства частицы стремятся соединиться. Во-вторых, движения частиц должны быть вполне определенными, и они, вообще говоря, не должны остановиться прежде, чем образуют идеальное тело — шар. Частицы движутся собственным усилием («*proprio nisu*») к центру, носящему название «центр величины и силы» («*centrum magnitudinis et virtutis*»). Однако, несмотря на такое название центра, не его сила управляет движением частиц, а свойство, присущее самим частицам. Выше уже говорилось, что ввиду градиента плотности космической жидкости небесные тела, погруженные в нее,

* Р. Декарт. Космогония. М.—Л., 1934, стр. 208.

располагаются на концентрических сферах, общий центр которых совпадает с центром Солнца. К тепловому действию Солнца (напоминаем, что нагревание жидкости Солнцем и вызывает изменение ее плотности) прибавляется действие тяготения, и расположение «небесной материи» является результатом совместного действия солнечного тепла и тяготения.

Из этих описаний видно, что Декарт и Роберваль стояли на столь разных позициях, их взгляды были настолько непримиримы, что каждый из них вполне добросовестно просто не понимал, что хочет сказать другой. Если Декарт называл Роберваля «умственным слепцом», то Роберваль находил у Декарта «пустые бредни». Конечно, это не был спор между двумя авторами, пусть даже и крупными; это было столкновение двух натурфилософских систем. Однако после работ Кеплера и Галилея качественные рассуждения Декарта могли удовлетворить далеко не всякого физика. Вот почему Роберваль говорил о построениях Декарта как о чистых спекуляциях и о софизмах.

Но Декарт был не лучшего мнения о гипотезе своего противника. Эта гипотеза, изложенная Робервалем в «Аристархе», казалась Декарту величайшим абсурдом. Надо предположить, что у каждой частицы есть душа, почти божественная: ведь частица должна знать, и притом без всякого посредника, что происходит где-то на большом расстоянии от нее. Декарт показывает, что приписывание материи «особой силы» (тяготения) — это то же, что средневековое квазиобъяснение любого явления с помощью силы, произвольно приписываемой тому или иному телу («усыпительная сила» опиума и т. д.).

Гипотеза вихрей Декарта не выдержала первого прикосновения серьезной критики*. Но и отвергавшаяся Декартом гипотеза тяготения триста лет была чужеродным включением в физику Ньютона и лишь в 1916 г. получила объяснение, достойное своего великого противника. Позиция Декарта в то время была более материалистической, чем позиция Роберваля.

* «Гипотеза вихрей подавляется многими трудностями», — говорит Ньютон («Начала», стр. 658) и далее перечисляет требования, которые надо предъявить к временам обращения Солнца и планет, если исходить из гипотезы Декарта, и которые совершенно расходятся с истинными.

Не удивительно, что идеологический противник, имеющий столь тяжелый характер, вносил, может быть не желая того, элементы излишней остроты в научные диспуты. Декарт все-таки был более сдержан, по крайней мере при встречах. Роберваль же искал встреч с Декартом для того, чтобы нападать на него, подвергать насмешкам и т. д. Биограф Декарта говорит, что из всех ученых Декарту был страшен один Роберваль из-за его отвратительного характера. Некоторые биографы считают, что придирки Роберваля были одной из причин, вызвавших решение Декарта покинуть Париж.

Философские позиции Роберваля в значительной степени характеризуются и в то же время объясняются его дружбой с такими крупными представителями материализма, как Т. Гоббс и П. Гассенди.

Но Роберваль не был свободен и от влияния аристотелизма. Он не мог обойтись без подробных и в сущности бесплодных рассуждений о субстанции, о качествах субстанции; о «материи субстанции»; о качествах субстанции абсолютных и относительных и т. д. Таковы же чисто внешние описания наших чувств с целой системой терминов, классификацией и прочими атрибутами средневекового трактата. Разумеется, он приводит род инструкции о правильном мышлении на манер «*Regula philosophandi*» Ньютона. Однако все эти упражнения в метафизике следует скорее считать наносным остатком воспитания того времени; схоластика не проникла в сердцевину работ Роберваля, если не считать ни к чему не обязывающих попыток построить систему мира в «Аристархе». Там же, где дело шло о реальном участии Роберваля в науке его времени, т. е. в математике и в физике, он не только был материалистом *de facto*, но и отстаивал материалистические взгляды, как это показывают последние выписки из его рукописей.

При вспыльчивости Роберваля и его колючем, придирчивом характере надо считать невероятным, чтобы у него установилась постоянная и короткая дружба с философами, мнение которых он не разделял. Роберваль был правоверным сенсуалистом-материалистом. Выше всего он ставил свидетельство чувств. «Выше всего» — это значит, что понятия, не проверяемые опытом, не столь безусловны в своей достоверности, как те, что опираются на опыт. По этой причине Паскаль, который был близок к Робервалю, отвернулся от него в 1649 г., когда убедился, что тот равно

принимает суждения и неверующих, и религиозных. Он подвергал и те, и другие суждения анализу разума и мало заботился о том, будет ли результат такого анализа поддерживать или опровергать утверждения религии. Для Паскаля, который в это время склонялся к янсенизму, такое «лицемерие» Роберваля было тяжелым ударом.

Неприятно на многих действовало и стремление Роберваля обвинять современников в плагиате.

Достаточно привести два примера. Кто сколько-нибудь знаком с жизнью и трудами Б. Кавальери, тот знает, что метод неделимых был делом всей его жизни, что из его переписки, в частности с Галилеем, видно, что он в самых молодых годах открыл идею этого метода и потом, можно сказать, отдал ему все творческие силы. Роберваль публично высказал предположение (правда, в осторожной форме), что Кавальери заимствовал идею метода у него. Второй пример — история с Торричелли. Отношения между Робервалем и Торричелли были довольно хорошими и такими оставались, пока дело не дошло до циклоиды. Роберваль очень гордился своими работами, связанными с циклоидой. И вот он узнает, что Торричелли объявил о своем вычислении объемов двух тел вращения циклоиды: одного тела, образованного вращением циклоиды вокруг ее основания, и второго — вокруг оси симметрии. Роберваль возразил, что он нашел эти объемы значительно раньше, и оспаривал верность некоторых результатов Торричелли. Торричелли отвечал с большим достоинством. То же произошло и с определением центров тяжести циклоиды: нападки Роберваля, спокойная и обоснованная защита Торричелли. Так же ему пришлось защищать и кинематический метод проведения касательных.

Роберваль отличался колоссальной работоспособностью. Как мы помним, он постоянно занимал два профессорских места: в коллеже Мэтр Жервэ и в Коллеже де Франс. Кроме того, одно время, после смерти П. Гассенди, он в том же коллеже занимал и его кафедру. Преподавание, надо полагать, отнимало у него значительное время. Тем более, что он преподавал в эпоху, когда науки только начинали специализироваться, когда были одна химия, одна астрономия, одна математика. Так, например, эта «одна» математика в Коллеже де Франс включала арифметику, геометрию, астрономию и теорию музыки, т. е. четыре науки, которые представляли собой средневеко-

вый квадривиум. Сверх того, Роберваль читал оптику, механику и географию. Таким образом, имея звание математика, он в одном только коллеже читал семь различных предметов. Любопытно, что вместо астрономии в списке наук числилась астрология. Впрочем, почти в те же годы Кеплер был астрологом герцога А. Валленштейна, а Б. Кавальери даже издал руководство по астрологии, так что курс Роберваля не был таким уже кричащим анахронизмом. Конечно, преподавание далеко не исчерпывало деятельность Роберваля. Творческая работа, издание своих сочинений, множество приготовленных рукописей (они в настоящее время хранятся главным образом в *Bibliothèque Nationale*), усердное посещение научных собраний, диспуты, наконец большая переписка — все это целиком поглощало его время.

Роберваль служил как первоклассный лектор. Сохранилось свидетельство человека, весьма компетентного в математике, а именно Франца ван Скаутена*. В одном письме 1646 г. Скаутен сообщает, что решил продолжить посещение лекций Роберваля, которые ему нравятся. Роберваль излагает предмет на латинском языке, но тут же комментирует изложенное по-французски. Аудитория превышает сто человек. В то время еще не было обычая устраивать общедоступные лекции, которые, кажется, первым ввел Фарадей, но все же практиковались собрания, на которых выступали известные ученые с различными докладами. Описано одно такое собрание, на котором читал Роберваль. Присутствовали крупные сановники, высшее духовенство, доктора Сорбонны, знаменитые врачи, математики и представители других групп интеллигенции, всего свыше сорока человек. Для того чтобы собрать таких слушателей на лекцию по математике, надо было иметь славу прекрасного лектора.

Роберваль входил в число тех семи ученых, которые положили начало Академии наук.

История академии начинается задолго до 22 декабря 1666 г. Некоторые ученые, главным образом математики, начали собираться у Мерсенна, в францисканском мона-

* Франц ван Скаутен (van Schooten, 1615—1660) — выдающийся математик. Он перевел первое латинское издание «Геометрии» Декарта и снабдил его глубоким комментарием, о котором одобительно отзывался сам Декарт.

стыре еще в 1625 г. Когда кто-нибудь из ученых переезжал в Париж, он обычно входил в кружок Мерсенна. Так было с Этьеном Паскалем, когда он в 1631 г. переехал в Париж из Клермон-Феррана; с Пьером Каркави, другом и земляком Ферма; он не только стал членом кружка Мерсенна, но и заменил его в качестве «секретаря ученой Европы», когда Мерсенн умер. Когда Декарт приезжал в Париж из Голландии или Гоббс — из Англии, они обязательно посещали кружок. Годы шли, научные связи укреплялись и расширялись, и члены кружка стали называть свой кружок «академией».

Мерсенну очень хотелось, чтобы в Париже была академия наук (при жизни Мерсенна академий не было ни в Англии, ни в Германии), но ему не довелось дожить до осуществления своей мечты. Лишь в 60-х годах XVII в. вопрос об организации академии стал обсуждаться серьезно. Этим делом занялся Кольбер*. В качестве основного ядра будущей академии наук** он использовал кружок, сложившийся в свое время около Мерсенна. Каркави занимал тогда пост хранителя королевской библиотеки. Первые собрания нового научного учреждения происходили поэтому в здании библиотеки, расположенной в парке дворца самого Кольбера. Ядро будущей академии наук составили семь человек: Христиан Гюйгенс, приглашенный в качестве председателя и переехавший в связи с этим в Париж, астрономы — Адриан Озу, Бюо и аббат Пикар, математики — Пьер Каркави, Френикль де Бесси и Роберваль. На этих лиц и легли первые заботы о новом учреждении. К дню торжественного открытия (22 декабря 1666 г.) список членов академии насчитывал уже двадцать одного человека, в том числе и Э. Мариотта. Роберваль принял деятельное участие в работах академии. В 1667 г. он выступал не менее трех раз с докладами, в 1668 г. — не менее десяти раз; в 1669 г. он доложил свой метод проведения касательных, участвовал в многочисленных обсуждениях чужих ра-

* Жан Батист Кольбер (1619—1683) — генеральный контролер финансов. Один из немногих министров Людовика XIV, ясно понимавших необходимость развития промышленности. Меркантилист по экономическим воззрениям, он был заинтересован в прикладных науках, однако понимал, что их развитие требует базы в виде математики, физики и т. д.

** Не следует смешивать Академию наук с Французской академией, объединяющей деятелей литературы.

бот, в дискуссиях и т. д. Сюда добавлялись работы, в большом числе поручавшиеся академии Кольбером. К этим работам Роберваль относился с большим вниманием и тщательно выполнял их.

25 сентября 1675 г. Роберваль скончался. В 1676 г. академия поручила Ж. Пикару и другим академикам разобрать наследие Роберваля и подготовить его к печати. Работа сильно затянулась. Еще в 1686 г. де Лагир писал Гюйгенсу, что занимается бумагами Роберваля. Они увидели свет лишь в «Мемуарах Академии наук» за 1693 г., в томе VI.

Научное наследие Роберваля заслуживает высокой оценки. Едва войдя в 1628 г. в круг современных интересов, он обращается к самым важным темам того времени — к инфинитезимальным задачам. Очень скоро он выдвигается в первый ряд математиков. В XVII в. это было нелегко. После грандиозных трудов Кеплера и Галилея математика уже не могла стоять на месте. Переменная величина, введенная в математику Декартом, как будто разбудила таланты. Одна за другой появились работы, закладывающие основы науки нового времени. Декарт, Ферма, Кавальери, Торричелли публикуют работы огромного значения. Следующее поколение выдвигает еще два великих имени — Гюйгенс и Паскаль. Десятки других талантливых математиков, физиков, астрономов получают значительные результаты. Знания в области определенного интегрирования, проведения касательных и других отделов новой математики умножаются с каждым днем*. В такой обстановке завоевать репутацию видного математика было не просто. Работы Роберваля показывают, что он занял выдающееся место по праву. Очень высоко зарекомендовал он себя и как преподаватель. Среди прочих достоинств он отличался способностью просто излагать трудные места. Кроме того, далеко не каждому профессору по плечу не только читать курс математики, но и обогатить его собственными открытиями, — это тоже, конечно, привлекло слушателей, и не только молодежь, но и серьезных математиков. Нередко на лекциях Роберваля присутствовало свыше ста человек — аудитория громадная, если вспомнить, что богословие, философия, адвокатура и судейская карье-

* Г. Г. Цейтен в книге «История математики в XVI и XVII веках» приводит имена свыше 60 математиков XVII столетия.

ра ценились в те времена несравненно выше, чем точные науки. Правда, трудный характер Роберваля проявлялся даже на лекциях: рассказывают, что ученики боялись его, боялись его повелительного тона и всей внушительной обстановки, царящей на его лекции. Отметим еще одну бессмертную заслугу Роберваля-преподавателя: он обучал математику юношу Паскаля.

Возникает вопрос: как объясняется тот факт, что при резкости, «неотесанности» и прочих непривлекательных свойствах характера Роберваля он имел многочисленных знакомых, в том числе выдающихся ученых; были даже люди, которые находили удовольствие в его обществе.

Нам кажется, что объяснение надо искать в творческом даре. Творческий дар имеет всегда непреодолимую притягательную силу, проявляется ли он в искусстве, в литературе или в науке. Трудно было математику или физику не пойти на доклад Роберваля только потому, что докладчик — несимпатичный человек. Темы докладов были остро современными, доклады почти всегда содержали решение какой-нибудь значительной задачи. С первых лет пребывания в Париже Роберваль делал сообщения о найденных им квадратурах, кубатурах, ректификациях. Выступал он также с сообщениями о чужих работах. Почему в 1637 г. Ферма обратился с просьбой доложить его работу на заседании кружка не к кому другому, а к Робервалю? Потому что в это время они уже хорошо знали друг друга, и Ферма было ясно, что вряд ли кто изложит его работу с большим пониманием дела.

Научная деятельность Роберваля не ослабевала на протяжении всей его жизни. Сохранились сведения о докладах, которые сделал Роберваль в Академии наук в 1668 г. Приведем некоторые из них, чтобы дать понятие о разнообразии его интересов. 1 и 8 февраля — рассмотрение I книги труда Архимеда «*De aequiponderantibus*». 25 апреля — о наклонной плоскости и равновесии сил; 14 мая — о рычаге и машине для выдергивания свай; июль — о движении кареты, в частности, теория тряски ее; октябрь — «*la trompe soufflant*» — род мощного пульверизатора для технических целей; декабрь — кинематический метод проведения касательных.

Мы перечислили далеко не все доклады; а ведь были еще ученые собрания, рецензии и много другого. Мудрено

было не интересоваться всем этим только потому, что главное действующее лицо обладает плохим характером!

Да и кроме всего прочего, богатый творческий дар — это сила, с которой нельзя не считаться. Хорошо известно, что Декарт питал к Робервалю самую настоящую антипатию; и все-таки в архиве Роберваля нашли 74 письма Декарта. Следовательно, была необходимость поделиться с ним своими мыслями по тому или иному математическому вопросу, дать разъяснение и ответ на его критику и писать о множестве других вопросов. 39 писем Ферма говорят о том же: крупный математик не мог игнорировать Роберваля и волей-неволей должен был поддерживать переписку с ним.

Такова непреодолимая сила обаяния творческого дара.

БЛЕЗ ПАСКАЛЬ

Все наше достоинство заключено в мысли. Не пространство и не время, которых мы не можем заполнить, возвышают нас, а именно она, наша мысль. Будем же учиться хорошо мыслить: вот основной принцип морали.

Паскаль «Мысли»

ДЕТСТВО И ЮНОСТЬ ПАСКАЛЯ. ПЕРВЫЕ НАУЧНЫЕ РАБОТЫ

Родной город Паскаля — Клермон-Ферран — в гористой Оверни. Будучи одной из южно-центральных провинций, Овернь тем не менее славится весьма суровым климатом: зимы здесь с морозами и обильным снегом, лета — жаркие, душные, с холодными ночами. Клермон живописно расположен на взгорьях между двумя речушками, улицы его узки и круты, дома выстроены из темной лавы. По соседству с городом, на западе, высится Пюи-де-Дом — мощный отрог Овернских гор.

И отец и мать Паскаля принадлежали к судейскому дворянству, которое больше тяготело не к военно-дворянской верхушке, еще могущественной, но уже клонящейся к закату, а к восходящему классу — буржуазии. Несколько поколений Паскалей состояло на службе в клермонском финансовом управлении. Это были люди честные, справедливые, не чванные, они пользовались в Оверни заслуженным уважением. Отец великого ученого, Этьен Паскаль, резидент податной палаты, был человек незаурядный. Он хорошо знал языки, историю, литературу, философию, а кроме того, увлекался математикой, особенно — вычислением кривых линий. В то время не умели объяснить — почему, но эта область властно манила тогда многих...

У Этьена Паскаля было трое детей: Жильберта, Блез и Жаклина. Блез родился 19 июня 1623 г. Этьен Паскаль

разделял мнение древних и старых авторов, что лучше всего домашнее обучение и на него не надо жалеть средств. Впрочем, о средствах не стоял вопрос, поскольку Паскаль с детьми занимался сам. Дочерей он учил латыни и началкам математики. Блез был ребенком хрупким, болезненным, легко возбудимым. Поэтому отец пока не хотел учить его ни латыни, ни греческому, ни тем более математике. Испытав на себе, сколь властно может она овладеть умом в ущерб всему остальному, Паскаль отложил ее на более дальний срок. Он прятал математические книги и старался не беседовать о математике с друзьями при сыне, которого он исподволь знакомил с историей, географией и грамматикой. Паскаль оказался незаурядным педагогом. У него было правило: трудность задаваемой работы не должна превосходить силы ребенка. Он стремился объяснить детям каждое интересное явление природы и без устали придумывал игры, помогающие заучивать правила. Даже во время обеда велись беседы, из которых дети должны были выносить нечто полезное. Он же первым обратил внимание и на исключительную одаренность сына. Это еще больше укрепило его в решении — целиком посвятить себя воспитанию детей. Был составлен детальный план обучения. Этьен Паскаль находил, что в Клермоне светские знакомства отвлекают его как от воспитания детей, так и от занятий любимой геометрией. Поэтому, продав, по обычаю того времени, свою должность, он в 1631 г. переехал в Париж.

Вся семья Паскалей отличалась большими талантами. После отца осталось несколько работ по геометрии, в истории математики его имя связано с открытой им алгебраической кривой четвертого порядка — так называемой «улитки Паскаля». Его дочери были девочками умными и смысленными. Старшая, Жильберта, впоследствии напишет биографию брата, обнаружив при этом незаурядный литературный дар, и прослывет одной из умнейших женщин своего времени. Поэтический талант младшей сестры Блеза, Жаклины, будет отмечен самим Корнелем. Что же касается Блеза, то он был ребенком феноменальных способностей. С четырех лет он читал и писал, с легкостью производил сложные вычисления. Умственное его развитие намного опережало физическое, что вскоре отразилось на здоровье. Он не интересовался ни детскими играми, ни обществом сверстников. Он был поразительно настойчив и

до тех пор не успокаивался, пока не получал ответ на свой вопрос или не находил его сам. В нем уже горел тот огонь, который его и сжег...

Зная, что отец занимается математикой, Блез просил обучить и его этой науке. Отец обещал сделать это в виде награды за успехи в языках, но в будущем. Тогда мальчик попросил хотя бы рассказать, что такое геометрия, которой отец так увлекался. Этьен Паскаль объяснил, но в самых общих словах, что это-де наука, устанавливающая, как чертить правильные фигуры и находить соотношения, существующие между отдельными элементами фигуры и самими фигурами. Этих более чем скромных сведений оказалось достаточно, чтобы воображение юного Блеза заработало. После занятий он уходил в комнату для игр, но играл там в геометрию, что было ему фактически запрещено. Он углем чертил на полу, на подоконниках и на стенах геометрические фигуры и рассуждал над их свойствами, составляя, по словам Жильберты, собственные теоремы и аксиомы. У нас нет оснований не верить ей, что Блез Паскаль был феноменом и что его математический талант удивительно ярко раскрылся уже в годы отрочества. Этьену Паскалю срочно пришлось менять так хорошо и продуманно составленный план обучения сына. Под его руководством Блез приступил к систематическому изучению математики и очень скоро превзошел своего учителя. Этьен Паскаль говорил: «Не я его — он меня учит». Кроме того, что самое главное, Блез был допущен на заседания математического кружка Мерсенна, который регулярно посещал его отец и из которого впоследствии была образована Парижская академия наук.

Сначала Блез больше прислушивался к разговору взрослых и, как скоро выяснилось, не без пользы: он овладел почти всеми известными тогда методами. С пятнадцати лет он уже как равный принимал участие в беседах высокоученых членов кружка. Он отличался активностью и чаще других предлагал для обсуждения задачи и разного рода сообщения. Одаренный какой-то особой пронизательностью, он умел подмечать даже самые незначительные ошибки и просчеты в чужих работах и высказываниях.

Блезу было шестнадцать лет, когда он написал замечательное исследование «Опыт о конических сечениях» («*Essay pour les coniques. Par B. P.*»). Конические сече-



БЛЕЗ ПАСКАЛЬ
(1623—1662)

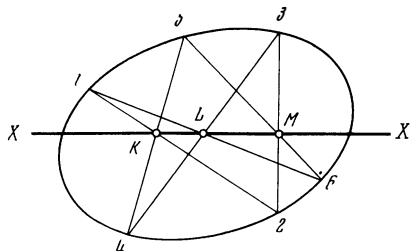
ния — это так называемые *высшие кривые*, получающиеся при пересечении конуса плоскостью: таковы эллипс, парабола, гипербола. Сочинение Паскаля было отпечатано в количестве 50 экземпляров на одной стороне листа, с тем чтобы можно было не только вручить определенным лицам, но и — на манер афиши — расклеивать прямо на улице, что в то время практиковалось довольно широко, в частности Дезаргом. Фамилия автора на афише не значилась, были только инициалы. Текст, занимавший 53 строки, содержал знаменитую теперь «теорему Паскаля» (без доказательства) и ряд следствий из нее. Целью этого первого печатного труда Паскаля — в своем роде «автореферата»! — было привлечь внимание ученого мира к большому сочинению о конических сечениях, над которым юный автор тогда работал. И это удалось, поскольку он решил ряд серьезных проблем. Ничему никогда не удивлявшийся Декарт, живший тогда в Голлан-

дии, был, однако, заинтересован и написал Мерсенну, что хотел бы ознакомиться с наделавшим шуму сочинением, и Мерсенн тотчас же послал ему отрывок. Но в памяти Декарта еще свежа была научная ссора между ним и Этьеном Паскалем. Этим, надо полагать, и объясняется суровость его отзыва. Лишь взглянув на рукопись, Декарт, как передавали, воскликнул: «Я так и думал: этот юноша — выученик Дезарга! У него есть способности, но отсюда еще далеко до чудес, которые о нем рассказывают!» В одном Декарт был несомненно прав: к коническим сечениям Паскаль обратился под влиянием недавно написанного Дезаргом сочинения, где теории конических сечений впервые были даны в плане проективной геометрии. Дезарг опирался на геометрические построения и виртуозно владел проективными преобразованиями, у него была необыкновенно острая пространственная интуиция. Данная Паскалем теорема «о мистическом (т. е. чудесном) шестивершиннике» привела в восхищение Дезарга, и он назвал ее «великой Паскалевой». Под именем *теоремы Паскаля* она и вошла в золотой фонд математики и до сих пор остается одной из основных теорем проективной геометрии. Суть ее в том, что если шесть произвольных точек конического сечения принять за вершины шестигульника, то три точки пересечения противоположных сторон лежат на одной прямой, которую теперь называют *прямой Паскаля* (рис. 1). В своем сочинении Паскаль отметил, что оно написано под влиянием работ Дезарга, так что в этом отношении Декарт ничего нового не сказал. Но Паскаля глубоко задел пренебрежительный отзыв Декарта.

«Опыт о конических сечениях» Паскаль до конца не довел. Всегда относясь к себе очень строго и понимая важность и ответственность предмета, он много и упорно работал над своим сочинением, но отзыв великого философа его охладил. Его уговаривали кончать и печатать, он продолжил свои изыскания, потом вернулся к ним еще раз в 1654 г., но опять не кончил и публиковать не стал. Небольшой отрывок из этого сочинения дошел до нас только потому, что впоследствии копию с него снял Лейбниц.

Между тем домашняя учеба Блеза шла своим чередом. Он занимался логикой и натуральной философией (как тогда называли физику), хорошо знал латынь и не-

дурно греческий. Литературой — ни древней, ни новой — они с отцом не занимались. Этот пробел Блез восполнил позднее — самостоятельно и по собственному побуждению. У него рано появилась привычка подолгу размышлять над прочитанным, он никогда не стремился к широке и разнообразию своих познаний. Поэтому, если говорить о кругозоре и глубине, то последняя у Паскаля всегда преобладала над первым.



Р и с. 1

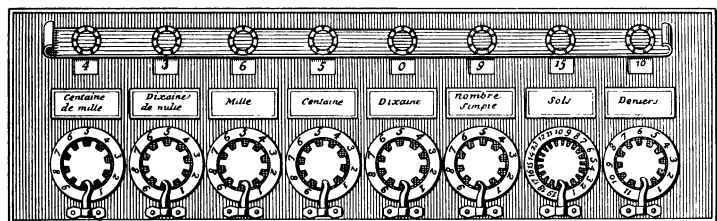
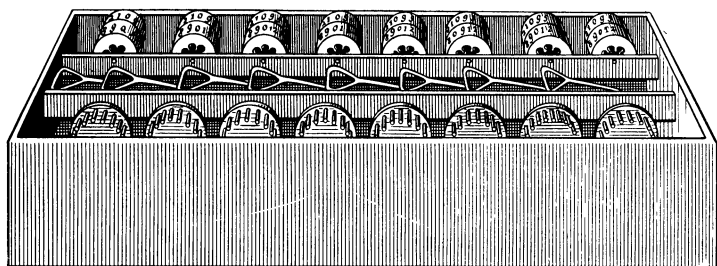
В 1641 г. Этьен Паскаль получил должность интенданта в Руане. Пост, предоставленный Паскалю, был весьма крупным: королевский чиновник, именуемый интендантом

провинции, ведал полицией, судом и финансами.

Вскоре после переезда в Руан Этьен Паскаль выдал Жильберту за Флорена Перье — сына своей кузины. Перье шел по семейным стопам: служил в клермонской податной палате, любил науки и имел к ним способности.

Этьену Паскалю приходилось много считать. Помогавший ему Блез попутно углубился в вопросы теории чисел. Кроме того, помня уроки Декарта, он, чтобы облегчить труд вычислителя, задумал построить счетную, или арифметическую, машину.

Сама по себе идея счетной машины была довольно проста, но если бы Паскаль предвидел, сколько времени, сил и средств она от него потребует, он бы, наверное, не взялся за это дело. Он начал в 1642 г. Жильберта свидетельствует, что ее брат любил хорошую работу и поэтому использовал лучших мастеров. Но даже этим «лучшим» нельзя было доверить работать по чертежам самостоятельно. Ими надо было непрерывно руководить, по ходу дела разрешая все трудности. Паскаль задался целью: с помощью его машины человек, даже вовсе не знакомый с правилами арифметики, должен был производить все четыре действия с любыми числами до пятизначных включительно чисто автоматически. И он добился своего: в 1645 г. машина была готова, а еще через четыре года он получил на нее королевскую привилегию. Там



2. Счетная машина Паскаля: общий вид (нижний рисунок), внутреннее устройство (верхний рисунок)

отмечалось: «Он изготовил более пятидесяти различных моделей, сделанных — одни из прямых стержней или пластинок, другие из кривых, иные с помощью цепей; одни с концентрическими зубчатыми колесами, другие с эксцентриками, одни движущиеся по прямой линии, другие круговым образом, одни в форме конусов, другие в форме цилиндров, а иные — совсем отличные от этих либо по материалу, либо по фигуре, либо по движению». И далее: «Но во всех этих различных случаях главное изобретение и существенное движение состоит в том, что каждое колесо или стержень некоторого разряда, совершая движение на десять арифметических цифр, заставляет двигаться следующее только на одну цифру».

Недавно установлено, что первую счетную машину построил не Паскаль, а Вильгельм Шиккард — профессор математики и астрономии в Тюбингене, друг Кеплера. Это произошло не позже 1623 г. Знал ли Паскаль о машине Шиккарда? Видимо, нет.

Хотя Паскаль получил на счетную машину патент, она все же не вошла в употребление из-за высокой стоимости и сложности устройства. Это был латунный ядичек длиной 36 сантиметров. Машина работала безотказно. Многие часовщики и механики пытались ее скопировать, т. е., попросту говоря, украсть идею изобретения, но безуспешно. Внешне их механизмы выглядели прекрасно, однако они не вычисляли. В чем причина их неудач? Ее помогает понять сочиненная Паскалем записка «Для желающих пользоваться машиной». Он говорит о своей работе не как ремесленник, а как философ, что впоследствии ему будет свойственно в еще большей степени. Математика, отмечает он, никогда не учит тому, чего она не в состоянии доказать. Геометрия и механика — науки математические, они вооружают нас достоверными принципами, что в итоге дает лишь общую теорию. Чтобы построить механизм, подобный этому, говорит Паскаль, необходимо суметь приложить к отвлеченным математическим рассуждениям физику и практический опыт. Его машиной заинтересуется вскоре Гюйгенс, над ее усовершенствованием в 70-е годы будет трудиться Лейбниц. Ее устройство впервые описал Дидро в своей «Энциклопедии» (1751). Счетная машина Паскаля вместе с патентом по сей день хранится в парижском Музее искусств и ремесл. Известный математик и механик XIX в. Бине, досконально изучивший ее, в качестве главного ее недостатка отметил «медленность хода механизма, придуманного Паскалем». Но труд Паскаля не пропал зря: принципы, на которых построена его счетная машина, используются и в современных счетных машинах, хотя последние далеко, конечно, ушли вперед.

Счетная машина прославила молодого ученого. О нем пошла молва даже за пределами Франции. Машина была выставлена для обозрения в Люксембургском дворце, многие устремлялись туда, чтобы взглянуть на это «новое чудо света», как говорилось в стихах неизвестного автора; а изобретатель там назывался «французским Архимедом». Однако напряженная работа подорвала его слабые силы. Он уже давно жаловался на головную боль. Сначала на это не обращали внимания. Боль усилилась. В конце жизни Паскаль скажет, что с 18 лет он не помнит ни одного дня, когда он был бы совершенно здоров. Так что за счетную машину он заплатил дорогой ценой.

ПАСКАЛЬ-ФИЗИК

Паскалю было 23 года, когда он обратился к физическим исследованиям. Если учесть, что до этого он был поглощен математикой, поворот к физике может показаться неожиданным. Но Паскаль чутко реагировал почти на каждую научную весть, тем более ежели она расходилась с установившимся мнением. В октябре 1646 г. в Руан пришло от Мерсенна сообщение об опытах, произведенных в Италии и имевших прямое отношение к *hoggo vacui* — «боязни пустоты». Мерсенн попытался их воспроизвести, но не преуспел в этом. Потом ему довелось побывать в Риме, и он уже на месте ознакомился с заинтересовавшими его опытами.

Дать ответы на поставленные итальянскими физиками вопросы суждено было Паскалю. Первоначально он производил опыты вместе с отцом и Пти — комендантом Руанской крепости, картезианцем, человеком весьма начитанным и большим любителем физических экспериментов. Авторство Торричелли им тогда еще не было известно, так как флорентийские академики издавали свои труды анонимно; кроме того, на длинном пути из Италии до Руана, в процессе копирования, в письме было упрощено описание прибора. Паскаль потом отмечал, что они с Пти «нашли как раз то самое, что было найдено в Италии, не заметив ничего нового. С тех пор, размышляя по этому поводу, я утвердился в мнении, которое всегда разделял, а именно: что пустота не есть что-либо невозможное и что природа вовсе не избегает пустоты с такою боязнью, как это многим кажется». Простое повторение опытов не удовлетворило пытливого Паскаля. Чтобы получить ответ на возникавшие у него вопросы, он придумывал все новые и новые, уже собственные, опыты и с разными жидкостями — водой, маслом, красным вином. Свои опыты Паскаль проделывал перед жителями Руана. Так, в письме к Перье он сообщает, что однажды «присутствовало 500 человек разного звания, между которыми было пять или шесть отцов иезуитов из местного коллежа». Опыты Паскаля вызвали отзвук в ученых кругах. В 20-х числах сентября 1647 г. Паскаль демонстрировал их в Париже, перед группой ученых, среди которых были Мерсенн, Роберваль и приехавший по делам из Голландии Декарт. Потом речь зашла о пустоте. Когда

у Декарта спросили, что, по его мнению, находится над ртутью в трубке, он ответил, что его, т. е. Декартова, «тончайшая материя». К этой самоуверенной гипотезе, не подтвержденной никакими опытами, Паскаль относился скептически и в расчет ее никогда не принимал. Плохо чувствуя себя в тот день, он возражал Декарту как мог, но говорить ему было трудно. Необузданный Роберваль, защищая любимца, с горячностью напал на философа. Они уехали в одной карете и дорогой совсем рассорились. Впоследствии Паскаль писал Перье о своих опытах: «Их стали смешивать с итальянскими опытами и в смещении этом одни, делая мне более чести, чем я заслужил, приписывали мне и итальянский опыт; другие же, с противоположной несправедливостью, отнимали у меня и те опыты, которые я сделал. Чтобы воздать должное и другим и себе, я в 1647 г. напечатал о моих опытах». Это был маленький трактат под названием «Новые опыты, касающиеся пустоты». В обращении к читателю Паскаль дает описание опыта Торричелли, а затем излагает 8 собственных опытов. Два главных опыта были произведены с 46-футовой стеклянной трубкой, представлявшей собой водяной барометр, и с огромным сифоном, длинное колено которого имело 50, а короткое 45 футов. Такой сифон, отмечает Паскаль, «вопреки в течение стольких веков всеми принятому мнению», не переливал воды...

К каким же выводам пришел Паскаль? В то время он еще разделял общераспространенную точку зрения, что природа боится пустоты. С той только разницей, что при его строго математическом уме эта «боязнь пустоты» представлялась ему силой, которую можно измерить, т. е. имевшей вполне определенную величину, а не каким-то отвлеченно-бесконечным «стремлением заполнять пустое пространство». Чему же она равна? Паскаль отвечает: она «равна той силе, с которой вода, поднятая на 34 фута, стремится течь вниз». Что же касается «боязни пустоты», то она безусловно есть, хотя ложно мнение, будто природа ее совершенно не выносит. Еще Герон утверждал, что абсолютная замкнутая пустота *может быть получена*, но только — искусственно. Опыт Торричелли и собственные опыты убедили Паскаля в том, что пустоту получить возможно — пусть не абсолютную, но во всяком случае такую, в которой нет ни воздуха, ни паров

воды. Пример тому — пространство в запаянной стеклянной трубке над ртутью (эту пустоту потом назовут «торричеллевой»).

Это были выводы, так сказать, пробные, предварительные, но даже они нашли себе врагов. В роли таковых выступили иезуиты. С чего бы, казалось, могла их волновать проблема пустоты? На то имелась немаловажная причина. В «Мыслях» Паскаля есть такая запись: «Все они: Давид, Соломон и другие... ни разу не выражаются, например, так: в природе нет пустоты,— значит, есть бог». Ведь бог — это некая всенаполняющая сущность. Если допустить наличие пустоты, в которой нет решительно ничего, значит признать *отсутствие* там бога. Чисто иезуитская дилемма! Что же касается «торричеллевой пустоты» — факта доказанного, то иезуиты-перипатетики объявили ее «не настоящей пустотой», а пространством с сильно разреженным воздухом; Паскаль же ими был походя обвинен в присвоении открытия Торричелли. Наибольшую активность выказал ученый иезуит Ноэль. Отец Ноэль был последователем перипатетиков, но это не мешало ему тайком черпать нужные ему аргументы даже у картезианцев. Впрочем, моральным кодексом иезуитов подобные уловки легко оправдывались. Паскаль обменялся с о. Ноэлем несколькими письмами. Паскаль отвечал с горячностью. Иезуит грозился выставить «свидетелей против свидетелей», т. е. опыт против опыта, но это были пустые слова: никаких опытов он никогда не производил, поскольку был представителем знания, чуждающегося опыта. Ноэль не стремился к тому, чтобы постигать явления, он имел цель показать, что для него нет ничего необъяснимого во всем том, над чем ломали голову Торричелли, Паскаль и другие. Он все сводил к довольно остроумному жонглированию разнообразными соображениями и терминами. Паскаль в письме к Ле-Пальеру язвительно замечает: «Я хотел бы знать, откуда у о. Ноэля такая власть над природой, благодаря которой стихии меняют свойства по мере того, как он меняет свои мнения, так что весь мир приспособляется к непостоянству его намерений». И еще: «Все споры такого рода могут длиться бесконечно, если кто-либо сам не прервет». И Паскаль счел благоразумным прервать, сославшись на болезнь и покинув ученого иезуита на время в радужном сознании, что последнее слово осталось за ним, иезуитом. Так кончилось первое столк-

новение Паскаля с иезуитами, в котором он только еле-еле показал свои коготки...

В 1644 г. Торричелли писал Риччи — одному из своих друзей: «До сих пор принимали, что сила, удерживающая ртуть от естественного стремления опускаться, находится внутри верхней части трубки — в виде пустоты или весьма разреженной материи. Я же утверждаю, что причина лежит вне сосуда: на поверхность жидкости в чашке давит воздушный столб... — не удивительно, что жидкость входит внутрь стеклянной трубки (к которой она не имеет ни влечения, ни отталкивания) и поднимается до тех пор, пока не уравнивается внешним воздухом». Рассуждение, безусловно, и тонкое, и убедительное. Но все-таки это было не доказательство, а гипотеза, к которым тогда относились с предубеждением. Паскаль верил Торричелли. А можно было и не верить: одно дело факт, а другое — его истолкование. Могла быть и иная причина подъема ртути, кроме давления воздуха, тем паче, что бытовала версия, будто менее тяжелое тело, каков воздух, не может давить на тела более тяжелые. Приблизительно истолковывая закон Архимеда, утверждали: как вода в воде, так воздух в воздухе «теряет свой вес» и не должен оказывать давления.

Паскаль рассуждал так: ведь если действительной причиной поднятия столбика ртути в стеклянной трубке служит давление воздушного столба, а не «боязнь пустоты» и не какая-то другая причина, то — при прочих равных условиях — если уменьшить высоту этого столба, ртуть в трубке должна опуститься. Чтобы это осуществить, надо подняться с прибором на высокую гору. Такой горы возле Руана не было. Тогда Паскаль вспомнил гору своего детства — Пюи-де-Дом, высота которой около полутора километров. И еще одна счастливая мысль его осенила: доверить опыты Флорану Перье, человеку обязательному, аккуратному, который в занятиях науками находил отдых от службы в податной палате. 15 ноября 1647 г. Паскаль отправил Перье письмо, где объяснил суть дела и дал подробные указания, как проводить опыт. Он писал: «Ты понимаешь, если бы высота ртути на вершине горы оказалась меньшей, чем у подошвы (я так думаю по многим основаниям, хотя все писавшие об этом предмете, придерживаются другого мнения), то из этого можно было бы заключить, что единственная причина явления — тяжесть

воздуха, а не пресловутый *hoggor vacui*. Ясно, в самом деле, что внизу горы воздух должен быть сгущеннее, чем наверху, между тем как нелепо предполагать в нем больший страх пустоты у подножия, нежели на вершине». Перье согласился провести опыт, однако сделал это лишь через десять месяцев. Паскаль, снедаемый нетерпением, пожаловался Ле-Пальеру: «На письмо, которое я послал более полугода тому назад, мне всё отвечали, что снег делает вершины гор недоступными».

К этому времени Этьен Паскаль был отозван в Париж. Началось движение против абсолютизма — фронда. В конце августа в столице было ни пройти, ни проехать; фрондеры и народ, который вначале их поддерживал, воздвигли около 1200 баррикад.

19 сентября 1648 г. Перье наконец собрался провести опыт, уже столько раз им откладываемый. Погода в те дни была перменчива, но утром в субботу вдруг проянилось, вершины Пюи-де-Дом хорошо просматривались. Перье сопровождало несколько человек — «уважаемых жителей Клермона». Были изготовлены два совершенно одинаковых барометра; один Перье взял с собой, второй оставил внизу на попечение патера Шастена. По мере подъема Перье и его спутники наблюдали непрерывное понижение столбика ртути. Сравнив барометрические высоты на вершине горы и у ее подножия, они нашли, что разница составила 3 дюйма и $1\frac{1}{2}$ линии. Старинный французский дюйм равен 27 мм, линия — 2,25 мм. Так что общий итог — 84,4 мм. 22 сентября Перье сообщал Паскалю: «Это изумило и поразило нас до такой степени, что мы еще пять раз, — чтобы убедиться в верности наблюдения, — очень тщательно повторяли опыт в различных местах вершины: и под крышей выстроенной здесь маленькой капеллы, и под открытым небом, на ветру, и в закрытом месте, в ясную погоду, и во время дождя. Каждый раз получался тот же результат: ртуть оставалась на высоте 23 дюймов 2 линий». Перье продолжает: «На другой день мне предложили повторить тот же опыт внизу и на вершине самой высокой клермонской колокольни, чтобы отметить различие при таких условиях опыта. Чтобы удовлетворить любознательность лиц, предлагавших повторение опыта, я в тот же день произвел его в доме, находящемся около башни, и нашел, что здесь высота ртути равна почти 26 дюймам 3 линиям; затем я повторил

его на вершине башни, на 20 туазов * выше уровня земли; там высота ртути достигала 26 дюймов 1 линии, т. е. была на 2 линии меньше».

Паскаль тоже не ожидал столь значительной цифры, Он самолично повторил опыты на некоторых высоких зданиях Парижа: внизу и наверху собора Нотр-Дам, на башне Сен-Жак и в частном доме — на высокой лестнице, имевшей 90 ступеней. Барометрическая разница составляла 2 линии.

Таким образом, данные Перье в точности подтвердились. Теперь уже можно было заявить во всеуслышание, что «боязнь пустоты» здесь никакой роли не играла. Давление воздушного столба — вот единственная и истинная причина явления.

Существует версия, что идея «опыта на горе» принадлежала Декарту (он вроде бы высказал ее во время последнего свидания с Паскалем) и что Паскаль поставил опыт «по схеме Декарта». Поскольку Мерсенн как раз вскоре умер, слух об опыте Паскаля дошел до Декарта в Голландию с запозданием. В июне 1649 г. Декарт, в письме к Каркави, просил сообщить ему об опыте Паскаля во всех подробностях и не скрыл своего удивления тем, что Паскаль не написал об этом ему сам, «ибо это я два года тому назад надоумил его провести этот опыт, в успехе которого я был уверен». Причину столь для него непонятого поведения Паскаля Декарт усматривает в дружбе последнего с Робервалем, «который плохо относится ко мне и который всегда стремился критиковать мою „тончайшую материю“...»

Притязания Декарта стали известны Паскалю, и это огорчало его значительно больше, чем происки иезуитов. И все-таки он, видимо, не написал Декарту, предчувствуя, что это поведет к изнурительной и по существу никому не нужной полемике. Он берег силы для завершения исследований, научная важность которых становилась ему все яснее.

В течение двух следующих лет он продолжает барометрические наблюдения. Вел наблюдения и любознательный Перье. В одном из выводов своего «Отчета о великом опыте» Паскаль высказал мысль, что при помощи барометра можно определять высоту местности. Так роди-

* Туаз, или старинная французская сажень, равен 1,95 м.

лась идея высотомера (или, по-современному, альтиметра). Но как связать высоту подъема с показанием барометра? Воздух считался одинаково плотным на любой высоте, из чего следовало, что высота, на которой находится наблюдатель с прибором, обратно пропорциональна барометрической высоте ртути. Паскаль пришел к заключению, что плотность воздуха при изменении высоты не остается постоянной, а уменьшается от нижних слоев к верхним, поэтому пропорциональной зависимости здесь существовать не может. Однако закон изменения плотности воздуха был открыт не Паскалем, а позже. В частности, одну из первых пригодных для практики «барометрических формул» дал через сорок лет Эдмунд Галлей.

Паскаль, кроме того, вычислил общий вес атмосферного воздуха. «Мне захотелось доставить себе это удовольствие, — писал он, — и я провел расчет...» Полученная им цифра — $8\frac{1}{2}$ триллионов французских фунтов ненамного отличается от современной.

Как до него Торричелли, Паскаль не мог не обратить внимания на то обстоятельство, что уровень ртути в трубке не остается строго постоянным даже тогда, когда прибор стоит на месте. (Словно бы *horror vacui* имела различную силу!) Между прочим, Торричелли «самопроизвольное» это колебание уровня ртути в трубке выдвигал в качестве одного из доказательств существования атмосферного давления, но Паскаль и его не принял. Паскаль и в этом продвинулся дальше Торричелли, связав колебания уровня с изменением погоды. Он установил, что уровень ртути в трубке меняется потому, что меняется воздушное давление, направление ветров и температура воздуха. Паскаль чувствовал истину более тонко, чем даже многие из позднейших исследователей. И только в одном он почему-то ошибся — что барометр в хорошую погоду падает, а в плохую поднимается.

Итак, им было неопровержимо доказано, что воздух может давить на тяжелые тела. Оставалось установить — каким образом передается это давление. Паскалю пришла на ум гениально простая мысль: сравнить давление воздуха с давлением, существующим внутри жидкостей. Он знал об опытах Архимеда и Галилея над жидкостями и с плавающими телами. Архимед открыл, что погруженное в жидкость тело испытывает выталкивающую силу. Рассматривая условия равновесия жидкостей, Галилей исхо-

дил из закона так называемых виртуальных скоростей. Следуя Архимеду и Галилею, Паскаль, сам о том не подозревая, повторил выводы нидерландца Симона Стевина, сделанные 80-ю годами ранее и статическим путем. Стевин доказал, что давление жидкости на дно сосуда зависит лишь от высоты столба этой жидкости и не зависит от формы сосуда. У Паскаля об этой стороне вопроса сказано так: «Отсюда видно, что сила, нужная для того, чтобы воспрепятствовать воде вытекать из отверстия, пропорциональна высоте стояния воды, а не ширине сосуда, и что мерой этой силы всегда является вес воды, заключающийся в колонне ее, с высотой, равной высоте стояния воды, и основанием, равным величине отверстия. То, что я сказал о воде, относится и ко всем другим видам жидкостей». (Кстати, обратим внимание на стиль научных работ Паскаля: они написаны кратко, точно, доходчиво; в них, как в песне, на месте каждое слово.)

Паскаль не только подтвердил выводы Стевина, но и разгадал самую суть явления. Рядом убедительных примеров он показал, что давление, произведенное на поверхность жидкости внешними силами, передается жидкостью во все стороны без изменения. Это то, что вот уже три столетия многие поколения людей знают с детских лет под названием *закона Паскаля*.

Одни опыты следовали за другими. Паскаль изучает свойства сообщающихся сосудов, находит объяснение множеству гидростатических парадоксов, а затем ставит свой классический опыт, легший в основу гидростатики. Вот как он сам его излагает: «Если сосуд, наполненный водою и закрытый со всех сторон, имеет два отверстия, одно во сто раз больше другого, которые прикрыты точно пригнанными к ним поршнями, то один человек, надавливающий на малый поршень, уравнивает силу ста человек, надавливающих на поршень в сто раз больший, и преодолевает силу девяносто девяти. И каково бы ни было отношение этих отверстий, всегда, когда силы, приложенные к поршням, относятся друг к другу, как отверстия, то силы эти будут в равновесии». Удивительно здесь и сочетание отвлеченного рассуждения с конкретным опытом — всем этим Паскаль владел в совершенстве. Он заключает: «Отсюда следует, что сосуд, наполненный водою, является новым принципом механики и новой машиной для увеличения сил в желаемой степени, потому что при помощи

этого средства человек может поднять любую предложенную ему тяжесть». Однако не следует думать, что здесь создается сила из ничего. Паскаль поясняет: «Надо признать, что в этой машине проявляется тот же постоянный закон, который наблюдается во всех прежних, как-то: рычаге, блоке, бесконечном винте и т. д., и который заключается в том, что путь увеличивается в той же пропорции, как и сила. Ибо очевидно, что если одно из этих отверстий во сто раз больше другого, то человек, который давит на малый поршень и опускает его на дюйм, вытолкнет другой поршень лишь на одну сотую часть дюйма. ...Это можно даже принять за истинную причину указанного явления, так как ясно, что совершенно безразлично, заставить ли сто фунтов воды пройти путь в один дюйм или один фунт воды — путь в сто дюймов». Таким образом, Паскаль пришел к идее того, что теперь называется гидравлическим прессом.

Это был важный этап в истории гидромеханики. В последующих опытах Паскаль доказал, что в воздухе давление передается по тому же закону, что и в жидкостях. Он приводит многие и убедительные параллели. Почему, например, так трудно разделить две сложенные вместе полированные пластинки? Это объясняется давлением воздуха на внешнюю поверхность пластинок. «Совершенно подобное же явление, — замечает Паскаль, — можно воспроизвести при погружении двух сложенных вместе стеклянных пластинок в воду».

Все это мы находим в небольшом, но необыкновенно емком по содержанию сочинении, над которым Паскаль работал в 1651—1653 гг. (напечатано в 1663 г. посмертно). Он предполагал написать обширный трактат о равновесии жидкостей, однако не сделал этого. Полное название написанного им сочинения такое: «Трактаты о равновесии жидкостей и весе массы воздуха, содержащие объяснение причин различных явлений природы, которые до сих пор не были достаточно известны, и в частности тех, которые приписывались боязни пустоты». Здесь Паскаль уже прямо и решительно заявляет, что не мифической «боязнью пустоты» объясняются многочисленные явления природы, а тем, что воздух имеет вес и обладает способностью передавать давление.

Так блистательно был завершен Паскалем цикл работ по исследованию атмосферного давления. Этими работами

заканчивается и начальный («младенческий») период гидростатики, когда основные ее начала устанавливались путем элементарных геометрических и механических рассуждений. Дальнейшее развитие этой науки будет тесно связано уже с развитием математического анализа и общей механики. Физические работы Паскаля — это основополагающие работы, и в этом их главное значение. Даламбер писал, что труды Паскаля о равновесии жидкостей и атмосферном давлении «открыли нам новую науку». Как один из основателей гидростатики, Паскаль занимает место рядом с Архимедом, Стевином и Галилеем. На его труды опирался, создавая свою замечательную «Гидродинамику» (1738), Даниил Бернулли, причислявший Паскаля к «знаменитым авторам по вопросам жидкостей». Трудам Паскаля присуща и еще одна редкая особенность: они отличаются необыкновенной ясностью, доступностью и лаконичностью; чтобы усвоить их, достаточно знать только четыре правила арифметики.

Между прочим, несколько лет назад известный историк науки Александр Койре установил, что часть описываемых Паскалем опытов, видимо, не была им произведена, поскольку в то время технически невозможно было изготовить некоторые приборы. Однако это обстоятельство мало меняет суть дела, подчеркивая вместе с тем силу ума Паскаля-теоретика.

В науке ничто благое не бывает потеряно; одни исследователи продолжают начатое другими, и общие их усилия движут познание вперед по некоей равнодействующей. Магдебургский бургомистр Отто фон Герике, годившийся по летам Паскалю в отцы, первым пытался, но неудачно, получить пустоту. Через несколько лет после опытов Паскаля он построил знаменитые Магдебургские полушария, которые, по словам Джона Бернала, «явились нагляднейшим доказательством материальной истинности новой науки. Однако значение этого опыта было еще более далеко идущим: он показал людям, что пустота под давлением воздуха имеет огромную силу и что нужна была только творческая мысль, чтобы заставить ее служить на благо человека».

Вскоре безвоздушное пространство и его свойства, равно как и свойства газов, сделались предметом специального исследования многих ученых. В 1662 г. Роберт Бойль сформулировал закон об обратной пропорциональности

объема газа и давления, который через пятнадцать лет в работах Эдма Мариотта получил полное и убедительное доказательство. Это был «первый научный закон, выходящий за пределы законов элементарной механики» (Дж. Бернал). И Дени Папен, и Роберт Гук, и Христиан Гюйгенс, и многие-многие другие тоже внесли свою лепту в изучение газов. «Мы поймем вдохновенное описание опыта Бойля с воздушным насосом,— замечает Эрнст Мах,— если мы живо представим себе ту эпоху. Что может быть чудеснее, чем это внезапное открытие, что вещь, которой мы не видим, которую мы едва чувствуем и на которую мы никакого внимания почти не обращаем, окружает нас везде и всегда, всё и вся проникает и является важнейшим условием жизни, горения и мощных механических процессов. В первый раз, пожалуй, великий шаг вперед в науке ясно показал здесь, что естествознание не ограничивается исследованием того, что осязательно, грубо дано нашим чувствам».

Ученые «старого времени» всегда стремились претворить свои идеи в реальную жизнь и тем — помогать людям. В Паскале, как отмечалось, такую направленность пробудил Декарт. Первым шагом на этом пути явилась счетная машина, а стремление делать что-то ощутимо нужное и полезное не покидало Паскаля потом уже никогда.

В конце 40-х годов он сделал два очень полезных изобретения — тачку и ролупуски. К изобретению тачки и ролупусков Паскаля привели занятия механикой. Почти во все периоды жизни его отличала широта интересов и настойчивая пытливость. Могучий аналитический ум его стремился охватить и познать природу с разных сторон. В «Мыслях» есть у него такая запись: «Когда нам говорят, что тепло — это не что иное, как движение каких-то шариков, а свет — их «стремление удалиться», которое мы чувствуем, то это нас удивляет. ...Ощущение огня, жар, причиняемый нам не прикосновением, а иначе, ощущение звука и света — все это кажется нам таинственным; а между тем оказывается, что это такое же грубое явление, как удар камня». Читая эти строки, написанные, быть может, и несколько позже, мы невольно обращаемся к тем годам, которые Паскаль посвятил физике. В работах по физике ярко проявилась одаренность Паскаля-экспериментатора и необыкновенная проницательность Па-

скаля-теоретика. Он утверждал, что в явлениях природы надо искать не таинственное и чудесное, а простые и понятные разуму законы, ибо в природе царят именно *простые* законы. Паскаль был одержим страстным влечением к науке. Ставя эксперименты, размышляя о них, он забывал обо всем на свете. И такая страстность в соединении с силой ума не могла не дать результатов. Природа ревностно хранит свои тайны, но в подобных случаях отступает. К славе Паскаля математика и изобретателя прибавилась слава физика. Ему еще не было тридцати лет, гений его достиг своего расцвета. Казалось, что молодой ученый, так блистательно начавший, сделает в физике еще много — больше, чем сделал. Однако сложилось иначе: Паскаль вскоре оставил физику и к ней уже не вернулся.

«СВЕТСКАЯ ЖИЗНЬ» ПАСКАЛЯ

В Руане Паскаль интенсивно и много работал. «Не нужно отвращать ум от работы с другою целью, если не с целью отдыха, — запишет он потом, — но и это нужно делать вовремя — давать отдых, когда нужно, а не иначе, ибо кто отдыхает не вовремя, тот устает; а кто устает, тот поневоле отдыхает...» Поглощенный научными занятиями и постоянно прихварывая, он почти нигде не бывал, довольствуясь обществом отца и сестры, которых нежно любил и с которыми был очень дружен. В январе 1646 г. в Руане был гололед. Этьен Паскаль упал и сломал ногу. Перелом получился тяжелый, одно время жизнь больного была под угрозой. Лечили его опытные врачи-костоправы. Блез позже признался Жильберте, что если бы тогда отец умер, он бы этого не перенес. Отец поправился, а Блез, державшийся исключительно на нервах, опасно заболел. Маргарита Перье, дочь Жильберты, написавшая впоследствии воспоминание о своем дяде, сообщает: «Мозг его был так утомлен, что с моим дядею приключился род паралича. Паралич этот распространился от пояса вниз, так что одно время дядя мог ходить только на костылях. Его руки и ноги стали холодны, как мрамор; приходилось надевать ему носки, смоченные водкой, чтобы хоть немного согреть ноги». Усилились головные боли, горло сводила судорога, поэтому он с трудом мог глотать, и только что-нибудь жидкое, по каплям. Страдания он переносил стой-

чески, не жалуясь и стараясь не беспокоить окружающих, однако духом не падал. В «Мыслях» есть много размышлений о здоровье и болезнях. Паскаль, например, отмечает: «Мы так мало знаем себя, что иной раз думаем, что готовы умереть, между тем как мы вполне здоровы, а иной раз уверены в своем здоровье, между тем как мы близки к смерти...» Когда он стал поправляться, врачи категорически запретили ему всякую умственную работу, предписав отдых, покой и развлечения. На отдыхе настаивал и отец. Блез подчинился его воле и вскоре возобновил прерванные знакомства, завел новые, стал бывать в обществе, в театрах и даже в светских салонах. А так как он никогда ничего не делал наполовину, то, войдя во вкус удовольствий, уделял им все больше и больше времени, особенно после переезда в Париж. Однако об этих годах его жизни известно сравнительно мало, потому что Жильберта и ее дочь, оставившие воспоминания о Паскале, многое почему-то замалчивали, а других достоверных источников не сохранилось.

Уже в Париже Паскаль подружился с 20-летним герцогом де Роаном, их соседом, который занимался науками и очень нуждался в старшем товарище, подобном Паскалю. Молодой вельможа привязался к Паскалю, они были неразлучны: Паскаль то подолгу жила у него, то герцог брал его с собой во время поездок по делам. Паскаль имел на него большое влияние, благодаря чему нажил себе немало недругов. Это именно они распускали потом слухи, будто Паскаль сделался игроком и мотом, что он вел беспутную жизнь. Ничего подобного не было. Скромные средства не позволяли Паскалю жить так широко, как жили молодые аристократы, окружавшие герцога. Да он к такой жизни и не стремился. Он никогда не плел интриг, не извлекал из дружбы с Роаном для себя выгод. Дружья герцога щеголяли в пышных плюмажах и кружевах, носили парики и расшитые парчой пестрые одеяния, воротники их были напюлены, они душились мускусом и лепили мушки. Паскаль в своем черном, несколько чопорном костюме буржуа с маленьким белым воротничком, не искушенный поначалу в светских тонкостях, лишенный лоска, выглядел среди них инородным телом. Простодушный, застенчивый, он вместе с тем не привык сдерживать пскренных порывов души, отчего казался аристократам невоспитанным и смешным.

У герцога Паскаль познакомился с кавалером де Мере. Это был недурно образованный и очень неглупый светский фат, к тому же математик и философ. К Паскалю он, естественно, относился свысока. В одном из писем, не устаивая даже назвать его по имени, он писал: «Герцог Роан имеет склонность к математике. Чтобы не скучать во время путешествия, он запасся одним пожилым (!) человеком. ...Этот человек был в то время еще мало известен, но потом о нем стали говорить. Это был сильный математик, не знавший, впрочем, ничего, кроме математики, — науки, вовсе не имеющей значения в свете». Лейбниц о кавалере Мере потом писал: «Кажется, он подсмеивался над Паскалем, как делают светские люди, обладающие избытком остроумия и недостатком знаний. Они хотят нас убедить, что то, чего они не понимают, есть пустяк. Надо бы послать этого кавалера в школу к Робервалю!» Впрочем, у Паскаля тоже сложилось вполне определенное о нем мнение. Он писал Ферма: «Кавалер де Мере — человек очень остроумный, но он вовсе не математик, а это, как вам известно, огромный недостаток; он даже никак не мог понять, что математическая линия делима до бесконечности, и воображает, что она состоит из бесконечного числа одна подле другой расположенных точек; никак я не мог разубедить его в этом». И заключает насмешливо: «Если вам это удастся, он станет совершенством!»

В «Мыслях» есть такая, несколько странная запись: «Надо держать свои мысли взаперти. Буду остерегаться во время путешествий». По-видимому, это относится именно к одной из совместных поездок с герцогом Роаном и кавалером... А еще: «Если кто блещет остроумными словами, это дурная черта».

Кавалера де Мере занимали некоторые вопросы, или задачи, связанные с игрой. Например, сколько раз надо метать игральные кости (в числе двух), чтобы выпало так называемое *sonnez*, т. е. по 6 очков на каждой; и вторая: как разделить между игроками ставку, если партия прервана? Считая себя выдающимся математиком, кавалер попытался было решить эти задачи, но не сумел. Тогда он обратился к Паскалю.

Светская жизнь; с ее праздностью и пустотой, при внешней заманчивости, тяготила Паскаля. Он все больше жалел о даром потерянном времени. Наука влекла его, он углублялся в размышления, где только мог, он наблюдал

и анализировал даже за картами. Вскоре он стал совмещать «приятное с полезным»: втайне от врачей и преодолевая сопротивление домашних, он вернулся к научным занятиям, предаваясь им, когда чувствовал себя более или менее сносно. Отец разрешил, но поставил условие: заниматься не более двух часов в день. Паскаль работает над большими трактатами по гидростатике и о конических сечениях, которые, впрочем, так и не завершил. Во многом отойдя к этому времени от геометрического метода, он рассматривает математические величины уже с алгебраической точки зрения. Им был написан ряд небольших работ по арифметике, алгебре, теории чисел. В теоретико-числовом трактате «Признаки делимости чисел» он обосновал признак делимости любого числа на любое другое целое число, основанный на знании суммы цифр; в «Трактате о числовых порядках», рассматривая факториальное выражение $a(a+1)(a+2)\dots(a+n-1)$, где a и n — целые числа, Паскаль установил семь новых теорем. Столетием позже эти его исследования были продолжены Лагранжем и Эйлером, подтвердившими их значительность. Затем, что было самым существенным, Паскаль создал «Трактат об арифметическом треугольнике».

Арифметический треугольник — это треугольная таблица чисел, называемая теперь *треугольником Паскаля*. В общем виде он выглядит так:

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & & & C_0^0 & & & & \\
 & & & & & C_1^0 & C_1^1 & & \\
 & & & & & C_2^0 & C_2^1 & C_2^2 & \\
 & & & & & C_3^0 & C_3^1 & C_3^2 & C_3^3 \\
 & & & & & \dots & \dots & \dots & \dots
 \end{array}$$

Паскаль записывал его в числовом виде:

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & & & 1 & & & & \\
 & & & & 1 & 1 & & & \\
 & & & & 1 & 2 & 1 & & \\
 & & & & 1 & 3 & 3 & 1 & \\
 & & & & 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\
 & & & & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots
 \end{array}$$

Каждое число арифметического треугольника равно сумме чисел, над ним стоящих (при этом считается, что на

периферии треугольника стоят нули). Арифметический треугольник дает возможность быстро вычислять большие суммы, а довольно сложные алгебраические действия сводить к простым арифметическим вычислениям. Пользуясь им, Паскаль мог обходиться без сложных алгебраических формул, которых он избегал.

Это было замечательное математическое открытие. Говорят, что арифметический треугольник Паскаль открыл, анализируя карточную игру. Правда, уже в наше время выяснилось, что арифметический треугольник был известен еще древним индусам и китайцам и, кажется, Омару Хайяму — великому философу, математику и поэту. Но это несколько не умаляет заслуги Паскаля.

Задачи кавалера Мере были не из легких, но Паскаль оказался к ним хорошо подготовленным: он их решил, применив свой арифметический треугольник и некоторые разработанные им в разное время принципы...

В первой задаче надо было определить общее число сочетаний очков. Паскаль это умел; даже сам термин «сочетание» в его точном смысле и относящийся к области комбинаторики тоже принадлежит ему. Только одно из получаемых в этой задаче сочетаний благоприятно событию, все остальные неблагоприятны. После этого — и уже довольно просто — вычисляется вероятность.

Вторая задача была более трудной. Паскаль решил ее для случая с двумя игроками. Употребляя принятые теперь обозначения, решение Паскаля сводилось в общем к следующему. Он доказал, что если игроку A до выигрыша не хватает m партий, а игроку B — n партий, то касса должна быть между ними разделена в отношении, которое определяется выражением:

$$\frac{1 + \binom{m+n-1}{1} + \binom{m+n-1}{2} + \dots + \binom{m+n-1}{n-1}}{1 + \binom{m+n-1}{1} + \binom{m+n-1}{2} + \dots + \binom{m+n-1}{m-1}}$$

Паскаль пробовал решить эту задачу и для случая трех и более игроков, однако арифметический треугольник, с которым он оперировал, создавал здесь почти непреодолимые трудности.

Между прочим, отыскивая суммы чисел, Паскаль нашел способ возвышать двучлен $(a + b)$ в любую целую положительную степень. Это был частный случай задачи,

известной теперь как *бином Ньютона*. $(n + 1)$ -я строка арифметического треугольника дает биномиальные коэффициенты для разложения n -й степени бинома $(a + b)^n$. Ньютон впоследствии это обобщил, распространив на любые степени и придав удобную алгебраическую форму.

Биномиальные коэффициенты Паскаль образовывал по разработанному им способу *полной математической индукции* — и в этом состояло одно из важнейших его открытий. Новым было и то, что биномиальные коэффициенты выступали у него как числа сочетаний из n элементов по m и в качестве таковых стали потом использоваться в задачах теории вероятностей.

В то время Паскаль активно переписывался с Ферма, безвыездно жившим в Тулузе. Он посылал ему на отзыв свои работы, обсуждал волновавшие его вопросы. Осенью 1654 г. Паскаль послал Ферма задачи кавалера Мере. Они заинтересовали великого математика, и он тоже их решил.

До этого никто из математиков вероятностных событий не вычислял. Математики привыкли иметь дело с такими задачами, которые, даже если решались приближенно, все равно были вполне достоверны. А тут выступала на сцену неопределенность: кто из игроков, в случае продолжения партии, выиграет, кто проиграет?.. Нужен был гений Паскаля и Ферма, чтобы найти ключ к задачам такого рода. Паскаль, а за ним Ферма впервые поняли, что такие задачи могут быть решены не гадательно, а вполне определенно и что вероятность — это такое качество (величина!), которая может вычисляться с большой точностью.

Поскольку Паскаль исходил из чисто арифметических соображений, решение его получилось довольно громоздким. Ферма нашел более простой способ, но результаты были тождественны. В переписке ученых теория вероятностей и комбинаторика получили подлинно научное обоснование. Паскаль писал Ферма: «Я хотел бы раскрыть вам свою душу — так я рад тому, что встретились наши мысли. Я вижу, что истина одна — и в Тулузе и в Париже».

Третьим ученым, который углубился в вопросы теории вероятностей, был 26-летний Христиан Гюйгенс. Летом 1655 г. он приехал в Париж и здесь, видимо от Роберваля (работы и Паскаля, и Ферма были опубликованы лишь посмертно), услышал об этом их исследовании. Оно так заинтересовало молодого голландца, что, вернувшись в Гаа-

гу, он сразу занялся теорией вероятностей и полтора года спустя опубликовал трактат «О расчетах в азартных играх». Важность этой новой отрасли математики при изучении явлений природы не вызвала больше сомнений. Гюйгенс писал: «...читатель заметит, что имеет дело не только с игрой, но что здесь закладываются основы очень интересной и глубокой теории». Он не ошибся: у теории вероятностей было огромное будущее. Голландский математик де Витт вскоре применил исчисление вероятностей к определению размера пожизненной ренты. Эдмунд Галлей успешно использовал его, занимаясь вопросами страхования. Следующий, после Гюйгенса, крупный успех в развитии теории вероятностей связан с именем швейцарского математика Якова Бернулли, давшего в трактате «Искусство догадки» (опубликован в 1713 г.) основную теорему этой теории.

В Руане Паскаль много и серьезно читает, напряженно размышляет о прочитанном. За количеством он никогда не гнался. Список прочитанных им книг невелик: «Руководство» Эпиктета, Монтень, Шаррон, Декарт — к ним он обращается чаще, чем к другим. Философская система Декарта никогда не доставляла Паскалю полного удовлетворения: Декарт апеллировал только к разуму, этого было мало. Не привлекал Паскаля и холодный скептицизм Монтеня, презиравшего разум. Эпиктет призывал жить в себе самом, отрешившись от дел мира, что у Паскаля вызывало чувство протеста. И все зрело в нем желание как-то на все это откликнуться...

Между тем Паскаль делался все более светским человеком, постиг тонкости салонной беседы, перестал чуждаться женского общества. В это время он писал, что человек не выносит одиночества, ибо это противно его натуре; не можем же мы любить одних себя и — только себя! «Одинокий человек нечто несовершенное», — замечает он. Известно, что как раз в то время Паскаль намеревался купить должность и жениться. Серьезные обстоятельства повернули его жизнь совершенно в иное русло.

Здесь необходимо вернуться к тому времени, когда Этьен Паскаль сломал ногу. Одна беда, как говорится, ведет за собой другую: в дом Паскалей в лице врачей-костоправов вошли тогда янсенисты и, пока больной не поправился, жили у них. Они видели свой долг в том, чтобы врачевать не только тело, но и душу. Они вели

назидательные беседы о смысле жизни, о вере, об учении голландского теолога Корнелия Янсения, епископа Ипрского. Расставаясь с семьей Паскалей, врачи-костоправы подарили им несколько книг духовного содержания, в том числе книгу Янсения — «О преобразовании внутреннего человека». Блез ее прочел, она произвела на него глубокое впечатление...

24 сентября 1651 г. Этьен Паскаль умер. Пять лет назад его болезнь едва не стоила Блезу жизни. Но за эти годы он, видимо, морально окреп и перенес потерю довольно стойко. Его здоровье оставляло желать лучшего, но он стал много работать. Жаклина вновь заявила о своем намерении «отречься от мира». Брат тщетно пытался ее образумить и даже на правах главы семьи отказывался выдать ее долю наследства, опасаясь, как бы отчаянная сестра не отдала ее в монастырь. Но Жаклина была непреклонна и ушла в монастырь — янсенистский Пор-Рояль. Дидро потом упрекал Паскаля: «Паскаль, отравленный религиозными убеждениями, измучил свое сердце и ожесточился. Он довел до отчаяния сестру, которую любил и которая нежно любила его, и все из опасения, что чувство, столь естественное и столь сладостное, отнимет у них обоих частицу той любви, которую они обязаны были отдавать богу. Ах, Паскаль, Паскаль!»

Он часто навещал сестру. Жаклина еще не была пострижена, он не терял надежду отговорить ее. Жаклина же, со своей стороны, стала убеждать брата «вернуться на путь истинный», т. е. последовать ее примеру. Паскаль увлеченно работал над физико-математическими трактатами, занимался теорией вероятностей. В письме к «Знаменитой Парижской академии» он перечислил свои напечатанные и подготовляемые к печати сочинения — получился внушительный список. Слава его была высока, он многого достиг и возлагал надежды на будущее. Он доказывал сестре, что во имя своей великой цели должен оставаться в миру. Жаклина водила его слушать знаменитых янсенистских проповедников. Эти последние, зная что такое Паскаль, и питая надежду привлечь его на сторону Пор-Рояля, очень старались. Старалась и Жаклина. Из их горячих бесед и споров можно было, по ее словам, составить огромный том. Это были не родственные свидания, а поединки. Но силы были равны, никто не поддавался.

В ноябре 1654 г. Паскаль выехал с компанией на прогулку. Коляска была запряжена четверкой цугом. У деревни Нейи, когда подъезжали к мосту через Сену, лошади, испугавшись, вдруг понесли. Посередине мост не имел перил — лошади бросились в воду. Гибель, казалось, была неминуема. Однако случилось невероятное: ременные постромки оборвались, коляска остановилась на самом краю моста. Река текла глубоко внизу. Паскаль, сидевший как раз с этой стороны, потерял сознание. Это вторичное — после кончины отца — «напоминание о смерти» оказалось для него роковым. Нервное потрясение было настолько сильным, что он заболел. К прежним его недугам прибавился еще один — боязнь пространства... Началась бессонница, головные боли усилились, дошло даже до галлюцинаций. В конце декабря, поздно вечером, произошло его «второе обращение»: он впал в экзальтацию — крайне возбужденное состояние, длившееся два часа, до полуночи. Задыхаясь от восторга и благоговения, Паскаль на двух листках написал свое полубредовое «завещание», которое зашил в одежду и всегда носил потом при себе. В своем спасении он видел «чудо», «перст божий» и пришел к мысли, что в ответ он должен всеми своими помыслами и делами обратиться к богу. С того дня светская жизнь ему окончательно опротивела, он не находил себе места. Он готов был бежать от людей.

В начале января 1655 г. он переехал в Пор-Рояль.

БУНТ ПАСКАЛЯ

Пор-Рояль был основан в 1204 г. в необжитой болотистой долине Шеврез, по-соседству с Версалем и в нескольких лье от столицы. Долгое время он был женским монастырем. В начале XVII в. в нем находилось всего двенадцать монахинь. Монастырь хирел, устав соблюдался плохо... В середине 20-х годов разросшийся Пор-Рояль был перемещен в Париж, в предместье Сен-Жак. В загородном Пор-Рояле образовался мужской филиал монастыря, ставший своего рода прибежищем, где одни «отшельники», как их называли, находили уединение для работы, а другие переживали события...

Паскаль был фигурой первостепенного значения. Неудивительно, что янсенисты приложили немало усилий,

чтобы привлечь его в свой лагерь. И то, что он примкнул к ним, расценивалось как большая победа и вызвало прилив энтузиазма. Вступая в монастырь, Паскаль не связал себя никакими узами, никакими обетами. Когда ему не хотелось там быть, он уезжал, и никто ему в этом не препятствовал. Он не стал отшельником в полном смысле слова, ибо дорожил и свободой, и самостоятельностью. Можно предполагать, что у него были определенные творческие планы, хотя он это и отрицал.

Поначалу Паскаль старался заглушать в себе мысли. Рьяно выполняя строгие правила монастыря, он постился, ограничивал себя в пище и сне, вставал в пять часов, чтобы присутствовать на раннем богослужении. Такой режим, вопреки предсказаниям врачей, оказал благотворное действие: здоровье Паскаля улучшилось, у него вновь пробуждался интерес к жизни. Паскаль стал чаще выходить из своей кельи. Он заинтересовался преподаванием в янсенистской «маленькой школе» и даже предложил новый метод для обучения чтению.

Так прошел год. В январе 1656 г. Паскаль был неожиданно втянут в борьбу с иезуитами, которая подходила тогда к наивысшей фазе.

В 1653 г. папа Иннокентий X, подчиняясь воле иезуитов, осудил в своей булле пять основных положений учения Янсения как еретические. В выпущенном иезуитами календаре-альманахе Янсений, изображенный с крыльями дьявола, улетал от папских громов в объятия Кальвина. Вскоре были осуждены все сочинения в защиту Янсения. Положение становилось критическим, однако янсенисты не сдавались. Они доказывали, что у Янсения нет тех положений и в том смысле, в каком осудил их папа. Они требовали пересмотра дела. Их упорство раздражало иезуитов, двор и папу (уже нового — Александра VII). Вскоре произошло событие, взволновавшее весь Париж. В Пор-Рояле воспитывалась внучка герцога Лианкура, пэра Франции. Иезуиты никак не могли примириться с этим. А тут еще герцог укрыл у себя в доме преследуемого янсениста аббата Бурзенса. Исповедующий герцога иезуит потребовал, чтобы тот забрал внучку из монастыря, выдал еретика и публично покаялся. В противном случае он не получит причастия. Возмущенный герцог покинул храм и уже больше никогда туда не вернулся. На это событие Антуан Арно откликнулся памфлетом, где

порицал иезуита, посмеявшегося отказать в отпущении грехов почтенному вельможе. Иезуиты, которые не простили Арно его давнего памфлета «Моральная теология иезуитов», ополчились на него, особенно о. Аннá, духовник Людовика XIV. Арно ответил серией новых памфлетов — «Письма доктора Сорбонны». Тогда спор был перенесен в вотчину иезуитов — на богословский факультет Сорбонны. Прошло несколько бурных диспутов, и Арно был осужден. Эти диспуты велись в узком кругу теологов, на латыни и строились не на существовании вопроса, а на пустых уловках. Посоветовавшись с отшельниками Пор-Рояля, Арно решил вынести свое дело на суд общественного мнения и написал нечто вроде защитительной речи, которая, однако, не была одобрена. Арно и сам понимал, что надо писать не так. Тогда он обратился к присутствовавшему на их собрании Паскалю и попросил написать его. Паскаль не отказался и через три дня прочитал то, что у него получилось. А получилась эпистола — произведение в форме письма, прием тогда широко распространенный. Паскаль не дочитал до конца, как Арно воскликнул, что это как раз то, что нужно, что это превосходно и надо письмо немедленно печатать. Отпечатанное в строжайшей тайне, оно вышло в свет 23 января без имени автора. При наборе ему дали заглавие, не принадлежащее Паскалю, — «Письмо к провинциалу одного из его друзей по поводу прений, происходящих теперь в Сорбонне». Оно было как гром с ясного неба. Париж, а затем и провинция были от него в восторге, зато иезуиты и их покровители, а также двор негодовали. Доктора богословия, упомянутые в письме, исходили злобой. Королевского канцлера едва не хватил удар, ему семь раз отворяли кровь.

Янсенисты, перед тем приунывшие, приободрились. Иезуиты перешли к еще более активным действиям. Были закрыты мужская и женская школы в Пор-Рояле, начались преследования отшельников. Еще шаг — и мог быть закрыт сам Пор-Рояль. 29 января, когда Паскаль кончал второе письмо, стало известно, что Арно исключен из состава факультета Сорбонны. Это по существу ставило Арно вне закона. Своим осуждением он встретил мужественно, однако, чтобы не попасть в тюрьму, должен был отныне скрываться. Паскаль сейчас же отозвался и на это событие. Он писал: Арно подвергнут позору и отлучен. А доводы? Их нет. Впрочем, язвительно замечает Паскаль,

о доводах иезуиты не очень пекутся, им «гораздо легче найти монахов, чем доводы».

По первоначальному плану Паскаль должен был составить несколько писем — три или четыре. Но вышло иначе. Спор с иезуитами от частного вопроса перешел к вопросам широким и принципиальным. Замысел усложнялся; Паскаль, как натура увлекающаяся, был захвачен работой. Он рылся в таких дебрях книгохранилищ, где, казалось, больше пыли, чем трактатов и манускриптов. Он изучал творения французских, испанских и немецких иезуитов, а те всегда отличались плодовитостью. В 1940 г., к 400-летию ордена, было подсчитано, что иезуиты сочинили 115 тысяч книг. Ко времени Паскаля их, надо полагать, уже набралось тысяч 25—30. Творения иезуитов были не только темны, но и пухлы. Известно, что Паскаль дважды прочел «Краткую моральную теологию» компилятора Эскобара, одного из столпов казуистики, — работа сама по себе немалая! Паскалю было нелегко: ведь он никогда не изучал теологию. А последняя славится обилием трудных и запутанных вопросов, хитросплетениями схоластики. Паскаль недурно знал философию, но никогда не читал даже «отцов церкви», не говоря о книгах казуистов. Будь он один, он бы не справился с задачей, тем более, что противники как никто были искушены в казуистике. Изворотливые, ловкие и бессовестные, они хватались за малейшую неточность, чтобы построить на этом свою защиту. Но Паскаль не был одинок. Ему помогали в поисках пор-рояльские друзья, они растолковывали ему темные места и суть хитроумных доказательств премудрых докторов богословия. Иногда, по его заданию и в соответствии с общим замыслом, они писали даже отдельные фрагменты. Николь набросал план нескольких писем. Паскаль обрабатывал все это в своей манере, заставляя читателя силой своего ума и таланта новыми глазами смотреть на хорошо известное старое.

После двух первых писем появился ответ провинциала. «Два письма ваши, — говорилось там, — были не для меня одного. Все их читают, все их понимают, все им верят. Их ценят не одни только теологи; они доставляют удовольствие и людям светским и понятны даже женщинам». Ответ написал Паскаль, но все отвечало истине.

Паскаль, по своему обыкновению, работал напряженно, до изнурения, отдавая новому делу всего себя. Успех пи-

сем и то всеобщее одобрение, которое они встречали, подбадривали его, вливали в него новые силы. Впрочем, здесь требовались не только силы — нужна была и отвага.

«Письма» печатали отдельными выпусками, за это они получили название «маленьких писем», и продавали по су за штуку. Первое письмо отпечатали в количестве полутора тысяч экземпляров. Спрос увеличивался, тиражи росли, так что издатель Лепети не остался в накладе; кроме того, ходили рукописные копии. Но полиция едва не накрыла издателя. Просчет был в том, что к Лепети явились с обыском на дом, где естественно, ничего не нашли. Мужественная мадам Лепети бросилась в типографию и, спрятав под фартуком уже готовые формы очередного письма, перенесла их в безопасное место. В ту же ночь письмо напечатали. Об авторстве Паскаля было известно немногим. Подозревали, естественно, тех, кто был связан с Пор-Роялем, но Паскаль соблюдал большие предосторожности. По настоянию друзей он сменил несколько квартир, пока не обосновался в небольшой гостинице «Царь Давид» против сорбоннской коллегии иезуитов. Друзья порицали его за безрассудство, но Паскаль не соглашался переезжать. «Подобно искусному генералу, — замечает Сент-Бев, — он занял позицию у вражеской цитадели». Кроме того, ему, видимо, доставляло удовольствие наблюдать, как кипит растревоженный им иезуитский муравейник.

Но Паскаля все же подозревали. Приехавший в Париж по делам Флоран Перье тоже остановился в «Царе Давиде», чтобы повидаться с шурином, с которым был дружен. Однажды к Перье зашел его родственник, иезуит, и шепнул, что Паскаль взят на подозрение. Перье решительно возразил, что Паскаль тут ни при чем. Но будь иезуит наблюдателем, он бы учуял запах типографской краски: на постели Перье, за пологом, были разложены для просушки экземпляры только что отпечатанного восьмого письма. Уезжая, Перье просил шурина удвоить осторожность.

Что же было в «Письмах» такого, что одних радовало, а других повергало в бешенство?

Суть их такова: светский человек Луи де Монтальт в письмах к своему другу-провинциалу рассказывает о диспутах, которые происходили в те дни в Сорбонне. Фамилия *Монтальт* не простая: в ней прозрачный намек на «высокую гору» — Пюи-де-Дом, где восемь лет назад Перье

провел опыт Паскаля. Третье письмо кончалось словами: «Ваш нижайший и покорнейший слуга», затем следовала аннограмма, чем в те времена по разным причинам широко пользовались, —

Е.А.А.В.Р.А.Ф.Д.Е.Р.

(et ancien ami Blaise Pascal, Auvergnat, fils d'Étienne Pascal), т. е. «и давнишний друг Блез Паскаль, овернец, сын Этьена Паскаля». Интересна и такая подробность: в гостинице «Царь Давид» Паскаль проживал под именем де Мона — это первая часть от Монтальт. У математика Паскаля литературно-жизненные детали сцеплены, как в теореме!

Автор выступает в роли наивного простака Монтальта, который слабо ориентируется в том, что происходит, поскольку не смысляет в религиозных вопросах. Но в одном он подобен Сократу — он понимает, что сведения его скудны, и не прочь их пополнить. Он обращается с вопросами то к фомисту (католику), то к янсенисту, то к молинисту (иезуиту), то к новому фомисту (доминиканцу). «У меня ведь друзья из всех партий», — сообщает он не без гордости.

Первые четыре письма посвящены главным образом определению разницы между двумя теологическими понятиями — «благодатью достаточной» и «благодатью действительной». Но и в сугубо «специальных» этих вопросах Паскаль сумел найти убийственный комизм, низводящий положения иезуитизма до абсурда.

А в чем же вина Арно, спрашивает Паскаль? Не в том, что его теологические принципы расходятся с принципами иезуитов (у них как раз нет существенного расхождения!). Причина другая: Арно — обличитель иезуитских махинаций, а этого достопочтенные отцы никогда и никому не прощают (поэтому Бальзак имел все основания заметить: «Благодать в толковании Молины была только поводом для распри так же, как и книга Янсения; ни та, ни другая сторона никогда не сражались на действительной почве»).

После четвертого письма Паскаль резко меняет тактику. Арно поступил разумно, когда решил, что сорбонские дебаты надо предать широкой гласности. Широкой гласности надо предать и всю закулисную сущность иезуитизма. Довольно копанья в теологических терминах, обра-

тимся к живой жизни, к вопросам общечеловеческого значения. Паскаль взвалил на свои плечи тяжелую ношу. Но не сделай он этого, его книга не сыграла бы той исторической роли, какую она сыграла.

Паскаль расширил предмет полемики — перешел к разговору о нравственных устоях иезуитов, о их целях и о средствах для достижения этих целей, об их маккиавеллизме. У него имелся и более далекий прицел: показать, какое развращающее действие оказывает иезуитизм на общество.

К 100-летию своего ордена иезуиты выпустили в Антверпене «Imago primi saeculi» — так называемый панегирик: роскошно изданный том, в котором не поскупились на комплементы самим себе. «Отцы иезуиты», цитирует Паскаль, выступают там в качестве «людей, выдающихся своей ученостью и мудростью, руководимых божественною мудростью, которая надежнее всякой философии». А еще: «Это — общество людей или, вернее, ангелов, которое было предсказано пророком Исаией в следующих словах: „Грядите, ангелы, быстрые и легкие“». («Разве пророчество не достаточно ясно?» — иронизирует Паскаль.) «Это орлиные умы; это толпа фениксов... Они изменили лицо христианства». Паскаль замечает по этому поводу: «У них настолько хорошее о себе мнение, что они считают полезным и как бы необходимым для блага религии, чтобы их влияние распространилось повсюду и они могли бы управлять всякою совестью». И далее: «По этой-то причине, что им приходится иметь дело с людьми всех положений и столь различных народностей, им и необходимо иметь казуистов, которые приспособлялись бы ко всему этому разнообразию».

Казуистика тогда была почетным занятием; считалось, что она требует тонкости и эрудиции. Почетной была и фигура казуиста. В старом словаре сказано: «Казуистика — наука религиозной нравственности; подведение совести под силу обстоятельств». А казуист — это тот, кто занимается казуистикой, «кто разбирает все тонкости случаев решения по совести». В этих формулировках есть некоторая неувязка, однако ничего явно предосудительного. А вот современное толкование: казуистика — это «изворотливость (большей частью недобросовестная) в доказательствах ложных или сомнительных положений». Есть разница? Огромная! И в том, что она записана те-

перь черным по белому, большая заслуга принадлежит Паскалю.

Иезуиты ставили Паскалю в вину то, что он «смешивает их с казуистами». На это один из историков отвечает так: «У всех были свои казуисты». Это дает полное право не разделять иезуитов и казуистов, а просто говорить о казуистике иезуитов, что Паскаль и делал.

«В морали должно следовать не древним отцам, а новым казуистам,» — говорит Мантальту его собеседник, — ибо они «соединили правила евангелия с законами света... чтобы всех привлечь и никого не отталкивать». Мантальт просит: «Умоляю вас, отец мой, наставьте меня хорошенько... я не оставлю вас, пока вы мне не сообщите главных правил, установленных вашими казуистами». И простовато-благодушный патер, смакуя любимую казуистику, с упоением посвящает Мантальта во все ее хитросплетения.

«Система морали» иезуитов, оказывается, разработана в подробностях, мельчайшие прогрешения разложены что называется по полочкам и скрупулезно прокомментированы. И все это расписано в книгах. Для чего? Но ведь исповедующие приходы кюре, как правило, невежественны, им надо помочь. Иезуиты советуют: чтобы разобраться, что грех, а что не грех, надо знать, что о нем сказано у блаженного Августина, у Фомы Кемпийского, у Фомы Аквинского, что думали об этом римские папы, а также все старые и новые церковные авторитеты. Но тут возникает новая трудность. «Авторитеты» на каждом шагу противоречат друг другу: Фома — Августину, Августин — Молине, старые моралисты — новым, новые — старым. Однако высокий церковный авторитет «не может ошибаться», утверждают иезуиты. Хорошо! Но как же разобраться «бедняге кюре» в этих противоречиях? Надо иметь в виду, говорят ему, что каждое из этих мнений может быть справедливо *в какой-то мере*. А в какой именно — это должны решить другие авторитеты. Чтоб как-то выпутаться, эти «другие авторитеты» разработали теорию *пробабелизма*, или правдоподобия. Человек не может достичь абсолютно знания, утверждали иезуиты, поэтому следует довольствоваться вероятностью. При разногласии авторитетов надо руководствоваться тем мнением, которое в данной ситуации наиболее правдоподобно. Более того: в зависимости от разного рода обстоятельств сегодня можно простить Жану такой грех, за который завтра будет сурово наказан

Жак. Или — еще лучше: «Когда обе стороны приводят в свою пользу основания, одинаково правдоподобные, судья может взять деньги от одного из тяжущихся, чтобы произнести приговор в его пользу». Важно уметь приспособливаться к обстоятельствам! И сами же иезуиты называют свою мораль «приспособительной». «По правде сказать, отец мой,— наивно восторгается Монтальт,— у ваших отцов есть чем попользоваться!».

По стране в то время бродили толпы нищих — целое словие, правительство не знало, как от него избавиться. Янсеписты, оповываясь на евангелии, призывали помогать нищим в меру своих возможностей. Это не был выход из положения, но это было человечно. Иезуиты же решали проблему по-другому. Иезуит Бузенбаум, говоря об обязанностях богатого по отношению к бедным, приходит к выводу, что заниматься благотворительностью не обязательно, «во-первых, потому, что бедные часто преувеличивают свою крайность для возбуждения к себе сострадания, а во-вторых, потому, что можно предполагать, что им помогут другие». Казуист Эскобар, отвечая на прямой вопрос: обязан ли богатый помогать бедному,— пишет: «Правдоподобно, что обязан, а еще правдоподобнее, что не обязан: иначе весьма немногие из богатых достигали бы спасения». Почему? Да потому, что, раздавая свое добро, можно впасть в бедность, т. е. «выйти из своего звания», а это «большее зло, чем смерть бедняка». Что это — цинизм, бесчеловечность, наглость? Нет, это одна из самых «невинных» граней иезуитской морали. А что же делать бедняку? Может быть, красть? Но ведь одна из церковных заповедей гласит: «Не укради». Иезуиты находят способ обойти эту заповедь. «Наши отцы,— объясняет Монтальту патер-«гид»,— ...дают разрешение красть не только по крайней необходимости, но также и при настоятельной нужде хотя бы и не в крайности». Или вот — «практическое руководство» для слуг: «Могут ли слуги, которые недовольны своим жалованием, увеличить его, присваивая себе столько из хозяйского добра, сколько они считают необходимым для того, чтобы их вознаграждение соответствовало их труду? В некоторых случаях они могут это делать, например если они были в такой бедности, когда искали себе места, что вынуждены были согласиться на предложенные им условия, и если другие слуги того же разряда получают больше в другом месте».

А «добряк» Эскобар, который был одержим идеей — дать своей пастве отпущение грехов в этой жизни и обеспечить спасение души в жизни будущей, с легкостью оправдывает ростовщичество: «Было бы лихоимством получать выгоду с тех, кого одолжаешь, если требовать ее во имя справедливости; но если ее требовать в виде благодарности, то это уже не лихоимство». Простодушный Монтальт замечает: «Из ваших слов я понимаю, что один казуист может по произволу создавать новые правила нравственности и располагать, как ему вздумается, всем, что касается руководства нравами». Именно так! Патер-«гид» не отрицает этого.

Тех монахов, которые снимали монашеское одеяние, папы отлучали от церкви. Иезуиты же полагают, что возможны случаи, когда монах может снимать свое одеяние, не подвергаясь наказанию. «Если он снимает его для того, чтобы совершить позорное дело, например отправляясь воровать или инкогнито в места разврата, с тем, чтобы тотчас же снова облачиться в него». Вообще на разврат иезуиты смотрят просто: «Каждому разрешается ходить в публичные дома, чтобы обращать падших женщин, хотя и вероятно, что там согрешишь, как уж не раз испытано, что ласки этих женщин обыкновенно увлекают во грех». Иезуиты охотно оправдывают соблазнительей: «Мужчина, хоть он и клялся, еще и потому ничем не связан, что *клятва обязывает лишь тогда, когда дающий ее имеет намерение сдержать слово*».

В «логике» иезуитов многое строится на двусмысленности. Буало потом констатировал:

У слова был всегда двойной коварный лик,
Двусмысленности яд и в прозу к нам проник:
Оружьем грозным став судья и богослова,
Разило вкривь и вкось двусмысленное слово.

Во времена Людовика XIII на дуэлях погибло не менее четырех тысяч дворян, которые почти сплошь были спесивые драчуны и бреттеры. Дуэли буквально опустошали их ряды. Церковь считала дуэли большим грехом, по королевскому указу дуэлянты карались смертью. Иезуиты же, чтоб угодить дворянству, оправдывали дуэли. «Не убий», — предостерегает евангелие. Ибо нет большего греха, чем убийство человека. «Но мы, — говорит иезуит Монтальту, — под словом *убийца* разумеем тех, которые полу-

чают деньги за то, чтобы убить кого-нибудь изменнически. Отсюда следует, что те, которые убивают, не получая за это платы, а только в виде услуги своим друзьям, не называются убийцами». Убивать, оказывается, позволительно всеми способами. В отношении ядов, правда, иезуит Мариана приводит одно ограничение: ядом следует отравлять, вводя его в одежду, а не в пищу, поскольку в этом случае отравляемый, хотя и не ведая того, все же, принимая отравленную пищу, совершает грех самоубийства. При желании убийство нетрудно исчислить и в дукатах: «Можно справедливо убить человека за вещь стоимостью в один дукат, по Молине», — пишет Эскобар.

Велеречивый патер увлекся, потерял самоконтроль, он в восторге, что заимел такого покладистого слушателя. Факты, сообщаемые им, один чудовищнее другого. Впечатление такое, словно в руках у читателя лупа, увеличение которой становится не только все большим, но которая со все большей силой раскрывает и самую суть явлений. Монтальт уже изрядно смущен. Он говорит: «книги монахов полны наставлений столь ужасных, столь несправедливых и столь странных вместе с тем». Однако это не предел. Казуист Диана, один из светочей иезуитской морали, идет еще дальше: «...сын может желать смерти отца и радоваться ей, когда она приключится, если только делается это ради того имущества, которое ему достается, а не из личной ненависти». Короче: все средства хороши. Возлюби бога — и тебе все позволено.

Иезуиты были покладистыми и очень удобными духовниками! Они придумали, говорит Паскаль, «разные облегчения, ...чтоб спастись без труда и среди сладостей и удобств жизни». Это была сильно ослабленная религия. За те прогрешения, за которые монах-доминиканец наложил бы тяжелую эпитимию и стал бы грозить геенной огненной, иезуиты обычно только журили. В своем панегирике они цинично похвалялись: «ныне нечестивые дела гораздо скорее очищаются и искупаются, чем творятся; едва успеет человек запятнать себя грехом, как уж мы его омоем и очистим». И к ним охотно шли. Их казуистика освобождала людей от долга, любви и внутренней порядочности. Они сеяли лицемерие, приохочивали к обману, подлогу, интригам, двурушничеству. Вот почему их так всегда ненавидели. «Ох! отец мой! — восклицает Монтальт в 10-м письме, — нет такого терпения, которого бы вы не

истожили, и нельзя слушать без ужаса вещи, которые я только что выслушал». И Монтальт, а вместе с ним и «добрый отец-казуист» удаляются со сцены. Их место занимает автор. Комедия кончилась. «Письма, которые я написал до сих пор,— говорит Паскаль,— только игра перед настоящей битвой».

Шесть следующих писем обращены к отцам иезуитам, ко всему их вредоносному ордену. «Я не только покажу, что писания ваши полны клевет, я пойду дальше,— говорит Паскаль. — Можно, конечно, сказать ложь, приняв ее за истину, но с понятием лжеца связана мысль о намеренной лжи. Вот я и докажу, отцы мои, что вы с намерением лжете и клеветаете и что вы сознательно и с умыслом приписываете врагам вашим преступления, в которых, вы знаете это, они неповинны...» Это уже прямой разговор с врагом, который прижат к стене. «Не беритесь же больше изображать наставников; у вас нет для этого ни нравственных, ни умственных способностей». Паскаль бьет спокойно, не теряя ни самообладания, ни чувства собственного достоинства. Тон его ядовито-почтителен, каждый удар точно рассчитан. Он не скупится на примеры. «У меня всегда не хватает бумаги, а не цитат».

Два последних письма были адресованы к о. Аннá — одному из воротил иезуитского «братства». После выхода 15-го письма — самого, пожалуй, грозного в книге — о. Аннá писал, что «вместо всякого возражения на его пятнадцать писем достаточно пятнадцать раз сказать, что он — еретик». Что же в их бессилии оставалось иезуитам! А еще Паскаля обвиняли в том, что он принес вред церкви вообще, поскольку выставил на всеобщий суд дела закулисные.

18-е письмо, увидевшее свет в марте 1657 г., было последним, хотя Паскаль должен был написать еще несколько. Почему он отказался от своего замысла? Этого мы не знаем. Вне сомнения только одно: им руководил не страх. Возможно, так было решено в Пор-Рояле. Увесистый том писем был создан за 14 месяцев — труд поистине титанический!

Паскаль любил во всем совершенство. Над каждым письмом он работал от двух до трех недель, некоторые из писем переделывались им по шесть-семь раз, а последнее — тринадцать раз. Оттачивая стиль писем, Паскаль стремился говорить просто, ясно и кратко. В 16-м письме

он извинительно замечает: «Письмо это вышло более длинным потому, что мне некогда было написать его покороче». «Краткость — сестра таланта», — скажут впоследствии. И это делается одной из заповедей творчества.

В 1657 г. разрозненные «подпольные» выпуски «Писем» были сброшюрованы, вскоре вышло отдельное издание. Вслед за тем их издали в Англии. В 1658 г. Николь, выступая под псевдонимом Вендрока, перевел их на латинский язык, снабдив каждое письмо развернутым заголовком — это перешло в последующие издания. Успех книги Паскаля возрастал, ее читала вся грамотная Европа. Так Паскаль, по сути дела, превратился в духовного вождя яansenистской «ереси».

Иезуиты были морально разгромлены, пригвождены к позорному столбу. Среди духовенства началось движение против морали иезуитов, однако высшая иерархия, посланная воле короля, его пересекла. Общественное мнение склонялось на сторону Паскаля, но сила была у иезуитов. В сентябре 1657 г. «Письма к провинциалу», как произведение еретическое, были осуждены Римом. 23 сентября 1660 г. епископы и Сорбонна постановили: книгу «много Монтальта» изорвать и сжечь рукой палача. Соответствующие распоряжения были разосланы по провинциям. В департаменте Э произошел комический инцидент. Члены парламента, осудившего книгу Паскаля, с удовольствием сами ее прочли, и никто не хотел пожертвовать для экзекуции личным экземпляром. Тогда один из судей придумал чисто иезуитский вольт: он велел написать название осужденной книги на случайно подвернувшемся под руку альманахе, который и был публично сожжен.

Иезуиты неоднократно пытались «ответить» на нападки «секретаря Пор-Рояля», как они называли неизвестного им автора «Писем». Выпущенная ими «Апология казуиста» обернулась против них же. Даже духовенство было возмущено этой книгой и требовало ее запрещения. У них не оказалось автора, которого хоть в чем-то можно было бы противопоставить Паскалю. Неумные и наглые их «ответы» еще больше вредили им в общественном мнении. Только в 1694 г. появилось наконец первое серьезное опровержение «Писем», принадлежащее ученому-иезуиту Даниэлю, будущему королевскому историографу. Но было поздно, да и о. Даниэль тоже не мог тягаться с Паскалем.

«Мои письма осуждены в Риме, — отмечает Паскаль, —

но то, что я в них осуждаю, осуждено на небе». Исповедующий Паскаля кюре, узнав, незадолго до его смерти, что это он является автором «Писем», спросил, не раскаивается ли он в том, что написал эту книгу. Паскаль ответил: «Не только не раскаиваюсь, но если бы мне пришлось снова ее писать, я бы придал ей еще большую силу». Иезуиты и их сторонники пытались принизить книгу Паскаля, выдать ее за «свод морали янсенизма» — этого не получилось. «Письма к провинциалу» остались в одном ряду с такими шедеврами мировой литературы, как «Похвала глупости» Эразма Роттердамского, «Письма темных людей», «Опыты» Монтеня. Значение книги Паскаля не только в том, что она бичует иезуитов и иезуитизм, что это великое сатирическое произведение. Паскаль боролся за идеалы общечеловеческие, в его книге все соткано из элементов гуманистической морали. Борьба янсенистов с последователями Лойолы и Молины выступает как борьба истины с ложью, свободы с насилием и деспотизмом, добра со злом, прогресса о обскурантизмом и мракобесием.

Расин утверждал, что «Письма к провинциалу» — клад для комедиографа, что это настоящая сатирическая комедия. Он прав в том смысле, что гротескные фигуры ханжей-иезуитов очерчены Паскалем в явно комедийном плане. Особенно удалась две из них: первый метко и ярко обрисован в 4-м письме, а тучная фигура второго не сходит со сцены в шести следующих письмах. Паскаль владеет умением воплощать отвлеченные идеи в драматическом действии, он великолепно строит диалог, за которым так и стоят живые жесты. Даже у Вольтера не было столько яда против иезуитов, как у Паскаля. Вольтер писал: «Делались попытки самыми различными способами показать иезуитов отвратительными; Паскаль сделал больше: он показал их смешными». Вольтер говорил, что он меньше бы преклонялся перед «Письмами к провинциалу», если бы они были написаны после комедий Мольера. Мольер, конечно, читал книгу Паскаля, и она помогла ему создать Дон Жуана, Тартюфа, Журдена и ряд других отрицательных персонажей. «Письма», таким образом, навсегда вплелись в историю театра.

Даже враги признавали силу книги Паскаля. Так, придворный проповедник епископ Боссюэ считал «Письма» образцом ораторского искусства. А его последователь Бурдалу выступил в нескольких проповедях против них. На-

до сказать, эти проповеди Бурдалу производят сильное впечатление. Но это потому, что он хорошо учился... не столько у Боссюэ, сколько у Паскаля!

ПАСКАЛЬ — ФИЛОСОФ-МОРАЛИСТ

В «Письмах к провинциалу» Паскаль развенчал мораль иезуитов, однако никакой иной морали взамен не дал. А между тем этого требовала не только логика, но и жизнь: аморальности и маккиавелизму иезуитской морали следовало противопоставить нечто такое, на что читатель мог бы надежно опереться. Паскаль был человеком долга, видел цель своей жизни в исполнении долга. И чем долг был суровее, тем, казалось, он больше привлекал Паскаля. «Я одобряю только тех, — писал он, — которые ищут с болью в сердце». Как человек искренний и тонко чувствующий запросы времени, Паскаль не мог на них не откликнуться. Он задумал большую книгу. Он говорил, что на нее ему необходимо десять лет. Но столько у него уже не было — книга осталась незавершенной. В записях не было ни порядка, ни системы; многие отрывки (своего рода эссе) были обработаны до удивительного блеска, но много было беглого, сырого, противоречивого, неясного, спорного... Паскаль предполагал назвать свое сочинение «Апологией христианства», но пор-рояльские друзья, издавшие книгу, назвали ее иначе: «Мысли г-на Паскаля о религии и о некоторых других вопросах, найденные после его смерти в его бумагах». Потом ее стали называть «Мысли о религии» («*Pensées la religion*») или просто «Мысли», что наиболее правильно, поскольку в книге много говорится о человеке, разуме, науке, о философских школах, цели жизни, морали, политике, государстве, законах...

Паскаль выступает как представитель антропологического принципа, ставшего составной частью материализма того времени. Человек здесь рассматривается как преимущественно биологическое существо, вне связи с конкретно-историческими общественными отношениями. Паскалю стало тесно в геометрии и физике. Он писал: «Знание физики не утешает меня в незнании начал нравственности в момент страданий». И он ушел в «человековедение», в этику. В «Мыслях» мы читаем: «Я провел много времени в изучении отвлеченных наук; недостаток сообщаемых ими сведений отбил у меня охоту к ним. Когда я начал изуче-

ние человека, я увидел, что эти отвлечения науки ему несвойственны и что я еще больше запутался, углубляясь в них, чем другие, не зная их; я извинил другим, если они мало знают эти науки. Но я думал, что по крайней мере найду много товарищей по изучению человека и что это настоящее, свойственное ему изучение. Я обманулся. Людей, изучающих человека, еще меньше, чем изучающих геометрию». Человек для Паскаля — это самый важный объект познания. Более того, познавая человека, говорит Паскаль, мы получаем средство для познания вообще всего того, что доступно нашему разуму. Но человек не живет, да и не может жить, во имя одного только познания. Это самоочевидно, поскольку жизнь многогранней и шире этого. И, однако же, спрашивает Паскаль, что важнее всего для человека в жизни? И отвечает: познание собственной природы и смысла своего существования. Эти вопросы занимали философов во все времена. По тому, как они их решали, Паскаль делит философов на две группы: на стоиков и скептиков. Свои отношения к тем и другим он изложил в беседе с настоятелем Пор-Рояля де Саси. Секретарь последнего, Фонтен, застенографировал беседу, а Николь, уже после смерти Паскаля, обработал ее и издал. Можно считать, что в ней — философское кредо Паскаля.

Стоики возвеличивают человека, говорит Паскаль, наделяют его безгранично всемогущим разумом, они ставят человека превыше всего сущего. Скептики же, впадая в других крайность, видят в человеке только приниженное, беспомощное и жалкое создание, которое мало чем отличается от животных и не в состоянии поэтому ни познавать тайны мироздания, ни властвовать над миром, используя добытые знания. Стоик Эпиктет и скептик Монтень — вот наиболее читаемые в ту пору Паскалем авторы.

С Монтенем у него — сложные отношения: тут и открытые нападки, и замаскированные заимствования, и сведение отдельных положений до абсурда... Словно предвидя будущие упреки в подражании Монтеню, Паскаль решительно отмежевывается от него: «Не в Монтене, а в себе самом я нахожу все то, что вижу здесь». Он отдает должное уму Монтеня, он читает его и перечитывает. А отложив книгу, раздраженно записывает: «Что есть у Монтеня хорошего, то можно извлечь лишь с трудом. ...он слишком много рассказывает разных историй и слишком много говорит о себе».

Но сам Паскаль кому из них отдает предпочтение — стойкам или скептикам? Которой из их систем? Ничтожен человек как таковой или велик?

Надо сказать, что, отвечая на вопрос «что есть человек?», даже стойки, случалось, впадали в скептицизм. Так, раб-мудрец Эпиктет утверждал, что человек суть «душонка с телом — ходячим трупом». А император-философ Марк Аврелий словно бы добавлял к этому: «а сама наша душонка — испарина крови».

Паскаль выше такого заземленного и однобокого отношения к человеческой сущности. Его мысль ищет решения вопроса в иной плоскости. Ответ Паскаля — диалектичен: человек одновременно и велик и ничтожен; он слаб, но в нем есть и несокрушимая сила. До того, как совершился «первородный грех», человек был воплощением совершенства. «Первородный грех» повел к перерождению и измельчению человеческой природы. Ум утратил ясность, воля ослабела. И Паскаль дает подробное *описание* этого «изменившегося», «нового» человека.

«Человек, — говорит он, — не что иное, как слабейший в природе тростник... Чтобы его раздавить, вовсе незначает ололчаться всей Вселенной. Порыва ветра, капли воды достаточно для того, чтобы причинить ему смерть». И в другом месте: «Между нами и адом или небом перегородкой служит только жизнь, а это самая ломкая в мире вещь».

А каково место человека в природе, в общем масштабе мироздания? Человек, говорит Паскаль, «ничто в сравнении с бесконечным, все в сравнении с ничтожеством, середина между всем и ничем». И на всем, что нас окружает, лежит печать этой двойной бесконечности. (Обратим внимание: у Паскаля какое-то особое пристрастие к слову *бесконечность*. Бесконечность словно бы приворожила его, растревожила, до болезненности разожгла его любопытство, он постоянно к ней возвращается — то с одной стороны рассматривает ее, то с другой, точно бы проверяет на ней многие свои умозаключения — и математические, и философские. Она у него принимает форму то математической бесконечности, то философской «бездны»...)

Мысль о непрочности человеческого существа, о неизбежности смерти — этого главного зла мира и какой-то космической тоски одиночества и заброшенности («Сколько миров не знают нас!») сменяется у Паскаля чувством глубокой подавленности от сонмища тех загадок, которыми

человек окружен. «Я не знаю, кто меня послал в мир, я не знаю, что такое мир, что такое я. Я в ужасном и полнейшем неведении. Я не знаю, что такое мое тело, что такое мои чувства, что такое моя душа, что такое та часть моего я, которая думает то, что я говорю, которая размышляет обо всем и о самой себе и все-таки знает себя не больше, чем все остальное. Я вижу эти ужасающие пространства Вселенной, которые заключают меня в себе, я чувствую себя привязанным к одному уголку этого обширного мира, не зная, почему я помещен именно в этом, а не в другом месте, почему то короткое время, которое дано мне жить, назначено мне именно в этом, а не в другом пункте целой вечности, которая мне предшествовала и которая за мной следует. Я вижу со всех сторон только бесконечности, которые заключают меня в себе, как атом; я как тень, которая продолжается только момент и никогда не возвращается. Все, что я сознаю, это только то, что я должен скоро умереть; но чего я больше всего не знаю, это смерть, которой я не умею избежать. Как я не знаю, откуда я пришел, так же точно не знаю, куда уйду. ...Вот мое положение: оно полно ничтожности, слабости, мрака». Это — пронзительной силы строки, от которых веет космическим холодом вечности. Здесь Паскаль не только философ, но и поэт. Он с большой силой изобразил то чувство страха, которое якобы охватывает человека, когда он осознает свое положение во Вселенной — между двумя бесконечностями. Однако теперь это имеет скорее чисто художественное значение, чем психологическое. Несколько лет назад, в связи с первыми космическими полетами, французский журнал «Нувель обсерватэр» писал: «В школах больше не смогут учить тому, что бесконечные пространства, по мнению Паскаля, вызывают страх. На смену этому страху пришла жажда знаний».

Человек, развивает свою мысль Паскаль, это величайшая загадка мироздания. Каким образом совмещает он в себе слабость и могущество, величие и ничтожество? Зачем он рождается? И почему, за какие прогрешения неумолимо обречен на смерть? Ни стоики, ни скептики, говорит Паскаль, не сумели дать на это ответ. У Паскаля есть на это ответ... Однако мысль Паскаля в этом месте двоится. Это как бы развилка на дороге мысли: налево свернешь — погубишь коня, направо свернешь — долю найдешь... Пойдемте сперва налево!

Человек одарен разумом, отмечает Паскаль, однако разум не в силах привести человека к истине, хотя тот и стремится к ней. Поэтому-то человек и слаб, и несчастен, и жалок. Отшатнувшись от разума, к чему приходит Паскаль? Естественно — к религии, к мистике. Он пишет: «...нет ничего несообразнее сказать, чтобы материя знала самое себя». И в подтверждение своих слов цитирует Августина: «Люди не могут постичь способа, которым дух соединен с телами; а между тем в этом соединении и состоит человек».

В этике Паскаля религии и богу отводится роль самая первостепенная. Паскаль заявляет об этом прямо: «Всякое устройство дел должно иметь своим предметом упечение и величие религии...» — «...какое несчастье быть человеком без бога...» — «Человек без бога или сумасшедший или животное». Однако постичь бога не так-то просто. «Бог, — замечает Паскаль, — не имея ни частей, ни границ, не имеет никакого соотношения с нами. Мы неспособны постичь умом ни того, что такое Он, ни того, есть ли Он». Но Паскаль тем не менее призывает: «познайте истину религии даже в самой неясности религии». И в другом месте: «Когда слово божье, которое всегда истинно, оказывается ложным в буквальном смысле, то это значит, что оно истинно в духовном смысле». (Да простит нам великая тень Паскаля, но тут отдает духом казуистики!)

Только религия, говорит Паскаль, только христианство (преломленное, надо полагать, в доктринах янсенизма) способны объяснить и примирить все эти неразрешимые противоречия, дать ключ к разгадке смысла человеческого существования. Религия, говорит Паскаль, обладает силой поистине универсальной. Только посредством веры, только в боге может обрести человек счастье. И даже самую истину человек может получить только из его рук, а воспринять ее возможно не разумом, а сердцем — чистым и смиренным сердцем, как, впрочем, и самого бога. Мы читаем: «...сердце чувствует бога, а не разум. Вера заключается вот в чем: бог постигается сердцем, а не разумом». «С другой же стороны: «Если все подчинять разуму, наша религия не будет иметь ничего таинственного и сверхъестественного. Если пренебрегать принципами разума, наша религия будет абсурдной насмешкой». Так шарахается Паскаль от одной крайности к другой. Так вместо уче-

ного и мыслителя появляется проводник, который то и дело впадает в экзальтацию, тон его становится раздражающе заносчивым и высокомерным, он готов унижить человеческий разум, он теряет чувство меры и перехлестывает в доказательствах, алогичность которых подчас курьезна. Мы читаем: «в природе нет пустоты,— значит есть бог». И это пишет физик, установивший законы гидродинамики и атмосферного давления! «Никакая религия, кроме нашей,— читаем мы в другом месте,— не учит, что человек рождается в грехе... — значит, ни одна не говорит правды». Одна только христианская религия, говорит он, понимает человека. Он пространно анализирует значение «чуда — знамения божия» и пророчеств для доказательства истинности религии. Слабость и неубедительность такого рода глав отмечали уже современники Паскаля. Он не справился здесь с теми задачами, которые сам себе наметил: Монтень не был развенчан, Паскаль так ни к чему и не пришел. По образному выражению одного из критиков, это была лестница, которая никуда не вела.

Да и сам Паскаль понимал все это. Он признается: «...я смотрю на все стороны и всюду вижу только темноту». Он теряет хладнокровие, и в высокой искренности его все отчетливей проступает трагическая нота: «...видя слишком много предметов для отрицания и слишком мало для веры, я нахожусь в столь жалком положении, что сто раз желал бы, чтобы, если бог поддерживает природу, она указала на него без всякого двусмыслия, а если признаки, которые она дает для познания его, обманчивы, чтобы она уничтожила их совершенно, чтобы она творила или всё, или ничего, так, чтобы я видел, какой стороны я должен держаться».

Но какой же выход из этих затруднений, как согласовать все противоречия или избавиться от них? Средство это простое: надо *поглупеть*. Надо меньше постигать, а больше верить. Вера же должна быть слепой, без мудрствований, тогда исчезнут сомнения и неясности, не станет противоречий, тогда все будет легко и просто.

...А теперь проследуем по другой дороге «Мыслей» Паскаля — дороге, где он во всех случаях остается самим собой, где ученый борется с богословом.

Мы помним, почему он называл человека жалким, ничтожным и слабым. А в чем же, по Паскалю, величие человека? Он отвечает на это так: «Главное величие че-

ловека заключается в том, что он *сознает* себя ничтожным. Дерево не сознает себя ничтожным. Сознать себя ничтожным, значит быть ничтожным; но, с другой стороны, сознавать, что я ничтожен, значит быть великим. Сознание этого самого ничтожества и доказывает величие».

Сознание, мысль — вот в чем заключается сила человека! Да, человек — это слабый тростник, «но этот тростник мыслит». И в этом — и сила его и величие. И «если бы вся Вселенная ополчилась, чтобы погубить его, он был все-таки могущественнее всего, что его убивает, ибо он *знал бы* и о том, что он умирает, и о том, какими преимуществами перед ним обладает Вселенная. Вселенная же этого не знает».

О разуме Паскаль говорит словами высокими и вдохновенными: «Все наше достоинство заключено в мысли. Не пространство и не время, которых мы не можем заполнить, возвышает нас, а именно она, наша мысль. Будем же учиться хорошо мыслить: вот основной принцип морали». И еще: «Я могу представить себе человека без рук, без ног, без головы, ибо только опыт учит нас, что голова полезнее ног. Но я не могу представить себе человека без мысли: это был бы камень или скот». Писатель-антифашист Иоганнес Бехер писал: «„Величие человека составляет мысль“, — эти слова Паскаля надо нести как знамя в борьбе против всех, кто пытается заглушить в человеке разум и человеколюбие и превратить его в варвара».

Паскаль любит жизнь, он соболезнует небу и земле, «которые не чувствуют своего счастья существования». И только человеку с его разумом дано это великое счастье — чувствовать радость бытия.

Однако возможности разума, говорит Паскаль, не беспредельны. Наш разум, как и тело, — и силен и слаб, и велик и ничтожен. Мы не обречены на полное незнание, однако мы не можем знать *всего* с бесконечной достоверностью, ибо объем знания бесконечен. Скорее мы устанем постигать, чем природа доставлять нам материал для постижения. А возможности наши ограничены. «Всеведение принадлежит одному богу, — говорит Паскаль. — Совершенное неведение свойственно одним животным». Это — две крайности, между которыми есть середина. Наше положение в природе между двумя бесконечностями дает нам возможность «подмечать лишь видимость середины вещей...» «Одно знать, другое не знать — таков удел че-

ловека». А то, чего не в силах охватить и постигнуть наш разум, — есть ли оно? Паскаль отвечает: «Все, что непостижимо, не перестает существовать. Бесконечное число, бесконечное пространство существует одинаково с конечным». И, опираясь на свою любимую бесконечность, Паскаль дает определение — что такое великий человек: «Величие души обнаруживается не в том, что человек достигает какой-нибудь крайности, а в том, что он умеет сразу коснуться обеих крайностей и наполнить весь промежуток между ними».

Паскаль — враг узости, ползучести мысли, он высмеивает тех, кто уверяет, будто бы в деле познания есть предел: «„Есть травы на земле, мы их видим, с луны их было бы не видно. На травах этих есть нити, в этих нитях — маленькие животные, а дальше этого ничего уже нет“». Какая самонадеянность! „Сложные тела состоят из элементов, а элементы неразложимы“. Какая самонадеянность!» Сколько уже раз такого рода «пророки» оказывались в смешном положении! «Природа уличает скептиков, рассудок уличает догматиков». Процесс познания не знает ни остановок, ни роздыха, он непрерывен. «Наша природа — движение, — говорит Паскаль, — полный покой — это смерть». А еще: «Нет несчастья хуже того, когда человек начинает бояться истины...»

В деле познания разум — не одинок. У него есть надежный помощник — наши чувства, интуиция, сердце. «Сердце, — замечает Паскаль, — держится своего порядка, а разум своего...» Именно с помощью чувства осознали мы уже самые первые принципы, как-то: пространство, время, движение, числа. И эти знания входят в нас даже более прочно, чем те, которые добыты путем рассуждений. И на них, уже в процессе рассуждений, опирается потом разум. Паскаль пишет: «Сердце чувствует, что есть три измерения пространства и что числа бесконечны, а потом уже разум показывает, что, кроме двух, нет числа, которого квадрат равнялся бы удвоенному числу. Принципы чувствуются, теоремы выводятся...» И у разума, и у сердца своя, так сказать, суверенная область: «Смешно, что разум требует у сердца доказательств его первых начал для того, чтобы с ними согласиться, точно так же, как было бы смешно, если бы сердце требовало от разума чувствования всех теорем, которые он доказывает, а иначе не принимало бы их». Но вместе с тем здесь таится и немалая опас-

ность: «Всякое наше рассуждение готово поддаться чувству...»

А еще, говорит Паскаль, все науки взаимосвязаны: «...кто не видит, что принципы, предлагаемые науками, не сами в себе имеют опору, а опираются на другие, которые в свою очередь опираются на третьи и т. д.?»

Интересно, что Паскаль разграничивает область науки и веры. Процесс познания, говорит он, должен идти **независимо** от всякого авторитета — человеческого или божеского. Не чей-то авторитет, а только факты, опыты — вот основа физических наук. Ни Аристотель, ни папская булла не в силах опровергнуть факты. «Только разум имеет право судить факты», — писал Паскаль в «Письмах к провинциалу». Напрасен поэтому был «Декрет» святой конгрегации, осудившей учение Коперника, так как декретом нельзя доказать, что Земля покоится, если наблюдения утверждают обратное. «О природе нужно судить не по нам, а по ней самой».

Френсис Бэкон, разработавший индуктивный метод познания, считал, что главным источником наших знаний являются чувства. И только чувства. Родоначальник рационалистической дедукции Декарт утверждал, что чувства способны дать лишь самое смутное представление о вещах, что они только вводят нас в заблуждение. Истина постигается разумом и свойственной ему интуицией. Паскаль был первым, кто совершенно по-новому — в критическом плане — поставил вопрос о границах познания, о возможностях разума и о значении чувств в этом процессе. Паскаль здесь пошел значительно дальше и Бэкона, и Декарта и предвосхитил некоторые мысли Юма и Канта. Наука в XVII в. делала свои первые шаги, разрабатывались методы ведения исследований, появлялось все больше приборов и инструментов. Все это вселяло веру в беспредельное могущество науки, возбуждало гордость. Паскаль как нельзя более вовремя установил границы познания. Выдвинутый им метод познания получил название *дедуктивного*. Паскаль не разработал дедуктивный метод обстоятельно, в подробностях, он у него не более чем эскиз, но эскиз гениальный. И Паскаль не раз демонстрировал его мощь на практике — при доказательстве геометрических теорем. Он утверждал: по точности и доказательности нет знания выше математического. Методы математических наук должны стать образцом для всех других наук. И хо-

ты математические науки убеждают нас в том, что природа бесконечна в пространстве, числе, времени и движении и что ее нельзя познать до конца, однако знания наши растут; пусть общий объем познанного пока еще бесконечно мал, но он все увеличивается. Поскольку объем знания безграничен, бесконечен и процесс познания.

Итак, с одной стороны, нас, как утверждал Паскаль, удручает необъятность вселенной, а с другой стороны, необъятность вселенной заключена в необъятности нашей мысли. Паскаль не сделал этого вывода, но при чтении «Мыслей» он сам собою напрашивается. Слабый «мыслящий тростник» оказывается титаном мысли. Так размыкается этот круг, так приходит к человеку вера в свои силы и в могущество разума. «Уверенности ничто не дает, кроме истины,— говорит Паскаль.— Но зато ничто, кроме искреннего искания истины, не дает успокоения нашему сознанию».

Не каждому дано быть философом (хотя Паскаль про-нически замечает: «Пренебрегать философией, значит истинно философствовать»), но к жизни надо относиться философски. Жизнь коротка, быстротечна, стыдно предаваться лени, ничегонеделанию, «стыдно изнемогать от удовольствия». Каждый должен стремиться наилучшим образом выполнить свою миссию человека. Эта миссия чрезвычайно ответственна. Вот почему, говорит Паскаль, «в жизни нет ничего важнее выбора рода деятельности». Паскаля огорчает, что люди, как правило, думают о средствах, а не о цели жизни, поэтому род деятельности чаще всего определяет простая случайность, а не разум.

Например, слышат с детских лет, как взрослые превозносят одни ремесла или занятия, а другие хулят — и уже сообразно с этим выбирают сами, вместо того чтобы следовать зову призвания. Другой враг человека — суетность, разменивание на повседневные мелочи. «Всякая тварь подвержена суете», — констатирует Паскаль. «Кто не замечает суеты мира — суетен сам». Суетность мешает человеку сосредоточиться, найти себя. Паскаль сокрушенно замечает: «Человек, по-видимому, создан, чтобы мыслить; в этом все его достоинство, вся его заслуга; вся его обязанность в том, чтобы мыслить, как должно... А о чем думают люди? ...о том, как бы потанцевать, поиграть на лютне, попеть, написать стихи, покататься на карусели и т. д., как бы построятся, сделаться королем... Все достоинство

человека в его мысли. Но что такое эта мысль? Как она глупа!» Над человеком, кроме того, велика власть малых дел: «Воображение преувеличивает малые предметы, вследствие фантастической их оценки, до такой степени, что наполняет ими нашу душу». «Незначительная вещь нас утешает, потому что незначительная огорчает».

Средневековый философ, богослов и поэт Пьер Абеляр бросил клич: «Познай самого себя!» Паскаль углубляет Абеляра: «Нужно познать самого себя: если это не поможет найти истину, это поможет, по крайней мере, хорошо направить жизнь, а в этом заключается вся справедливость».

Славолюбие для Паскаля — своего рода педуг. Но он не только его клеймит, он истолковывает его как диалектик. Погоня человека за славой, говорит Паскаль, есть величайшее унижение человека, «но оно же служит и самым великим признаком его превосходства; какими бы благами ни обладал человек на земле, он не удовлетворен, если не пользуется уважением людей». Отчего же так? А вот: «Мы имеем столь высокое понятие о душе человека, что не можем терпеть, чтобы нас презирали и не уважали в нас душу; все счастье людей состоит в этом уважении».

Он требует трезвости в самооценке, трезвости без скидок и без лукавства: «Несомненно, что худо быть полным недостатков; но еще хуже быть полным их и не желать сознавать в себе, потому что это значит прибавлять к ним еще недостаток самообмана». И — человек должен действовать: «Нет ничего столь невыносимого для человека, как быть в полном покое, без страсти, без дела, без развлечения, без употребления своих сил. Он чувствует тогда свое ничтожество...»

Паскаль не был мизантропом, однако у него проскальзывают иногда не слишком лестные для человечества заключения: «Люди только и делают, что обманывают друг друга и льстят друг другу». — «Все люди ненавидят от природы один другого». — «Человек не что иное, как притворство, ложь и лицемерие в отношении к самому себе и в отношении к другим». Впрочем, это лишь случайно брошенные упреки: Паскаль ничего на них не строит. Тем более примечательна его мысль о роли воспитания: «Человек сам с собою ведет внутреннюю беседу; важно хорошо направить ее».

Его угнетает неустроенность человека в обществе, неопределенность и шаткость его судьбы. Он то и дело отмечает: «Человек полон нужд...» — «... ибо желать, но не мочь — это и значит быть несчастным». — «Вот описание человека: зависимость, желание независимости, нужда». — «Человек — не ангел, не зверь, а несчастье так устраивает, что кто хочет сделать из него ангела, делает зверя». Отсюда — только шаг до того, чтобы обратить свой взор аналитика на правосудие, на правовые и нравственные законы, на институт собственности... Паскаль торопливо, словно для памяти, набрасывает: «Двойной закон, двойные скрижали закона, двойной храм, двойное рабство». — «Поднятие к полюсу на три градуса широты ставит вверх дном всю юриспруденцию! Пройдешь один меридиан, и встретишь новое решение истины; в несколько лет изменяются основные законы; право имеет свои эпохи». — «Как некогда мы страдали пороками, так теперь страдаем законами». Что придает судье вес и авторитет? Не дела, увы! Не дела, а сутана, красные одеяния, соболя. И Паскаль взывает: «О несправедливые судьи, не составляйте законов на один час! Судите по тем законам, которые уже составлены, и притом вами же самими. Горе вам, если вы создаете несправедливые законы!»

Есть только одно бесспорное преимущество человека — хорошо и честно мыслить. Это же — и важнейший принцип морали. К сожалению, говорит Паскаль, наша мораль под стать нашему праву. Что мы считаем хорошим? Всё. Всё — от неба до прелюбодеяния, включая самоубийство. И всё оправдываем. «Ибо бывают времена, когда сознание истины особенно помрачится и господствует ложь, когда не только не любят истину, но и не умеют познать ее», когда истину презирают, отвергают, а вместо нее царит эгоистический произвол, несправедливость и тирания. В те годы нападки на «Письма к провинциалу» продолжались, продолжалось ущемление Пор-Рояля. И Паскаль взрывается, в нем так и хлопочет темперамент борца: «А после того, как Рим высказался и многие думают, что инквизиция осудила истину, после того, как книги, высказавшиеся в противоположном смысле, запрещены, нужно тем громче кричать, чем несправедливее это запрещение и чем насильственнее хотят заглушить слово». В этих фразах звенит металл. Разве похоже, что это писалось в тихой монастырской келье рукой «отшельника»?!

Живший в бурное и шаткое время, когда страну терзали беспрестанные войны, Паскаль ненавидел кровопролитие. «Величайшее из зол — гражданские войны», — отмечает он, имея в виду прежде всего фронду. А мир — это «самое большое из благ». Он обращается к предполагаемому врагу: «За что ты меня убиваешь?» И это не потому, что он трус. Он призывает высоко держать достоинство человека: «Нужно бояться смерти вне опасности и не бояться ее в опасности, ибо нужно быть человеком». Причина его ненависти к войне в другом; в бессмысленности вражды и кровопролития. «Может ли что-нибудь быть неленее факта, что такой-то человек имеет право убить меня, потому что он живет по ту сторону реки или моря и потому что его правительство в ссоре с моим, хотя я никакой не имею с ним ссоры?»

Так — от человека, от заботы о его судьбе, от раздумий о цели и смысле жизни Паскаль подходит к вопросу о государстве, о месте личности в нем — важнейшей этической проблеме того времени. В годы фронды решалось — жить или не жить абсолютизму. Абсолютистская система одержала победу, что исторически было вполне закономерно. После ликвидации фронды остро встал вопрос о подчинении личности государству. Все это не могло не найти отражения в литературе да и вообще в искусстве, где господствующим направлением был классицизм. Более того, искусство взяло на себя миссию воспитания гражданского, «государственного» сознания. И это стало его основным делом на многие годы. Вот почему искусство той эпохи столь остро тенденциозно, откровенно дидактично. Ему предстояло найти принципы новой этики, которая бы отвечала новому порядку вещей.

Паскаль никогда не был «философом у себя в углу». Натура деятельная, он никогда не способен был удовольствоваться ни философствованием лично для себя, ни келейным благочестием. Он стремился к тому, чтобы слово его и мысль служили людям. Он всегда интересовался политикой и был решительным противником фронды, следуя в этом по стопам отца — видного государственного чиновника, представителя нового класса — буржуазии. Паскаль с явным неодобрением думает, например, о том, откуда «происходит несправедливость фронды, которая выставляет свою мнимую справедливость против силы». *Сила* — это абсолютизм. Уже Монтень стоял за

добродетельный и разумный абсолютизм, за необходимость подчиняться силе, сосредоточенной в одних руках. Здесь Паскаль солидарен с Монтенем. Паскаль откровенен: государство — зло, но в конкретных данных условиях абсолютизм — зло наименьшее. Основной его принцип Паскаль доказывает так, словно это математическая теорема: «... справедливость и сила должны быть вместе, а для этого нужно, чтобы то, что справедливо, было сильно, а то, что сильно, было справедливо. Справедливость оспаривается, сила вполне убедительна и не допускает спора. Таким образом, нельзя было дать силу справедливости, потому что сила противоречит справедливости и утверждает, что она сама было справедлива, а справедливость была несправедлива; итак, не будучи в состоянии сделать так, чтобы то, что справедливо, было сильно, люди сделали так, что справедливым стало то, что сильно». В другом месте он говорит: «... нужно стремиться к общей цели, а склонность к самому себе есть начало всякого беспорядка, будь то на войне, в хозяйстве, в отдельном теле человека». Этой «общей цели» и призвано служить государство.

Основу власти Паскаль усматривает в богатстве. Но богатство ведет к неравенству. Крепя сердце, он принимает и это. Он надеется, что государство как-то переработает в себе и это противоречие. Но он предвидит опасность, что «откроется полный простор не только высшему государству, но и величайшей тирании». В этой проблеме для Паскаля, как и во всем, — свои бездны и свои крайности! Хоть это и пугает наш светлый и чистый разум, но никуда от этих дилемм не денешься. Однако долг в моральных заповедях Паскаля — превыше всего. Долг, как и вера, зиждется тоже на силе воли. Пусть даже разум протестует, но законам страны надо повиноваться беспрекословно. Только так и можно «устранить» здесь все противоречия и неувязки. Во имя высокой цели не грех даже и покривить душой: «Опасно говорить народу, что законы несправедливы, ибо он повинуетс я им только в силу того, что считает их справедливыми».

Государство нужно обществу, а нужно ли оно отдельному человеку? Паскаль говорит: «Нехорошо быть слишком свободным». Это ведет к разболтанности, к эгоизму, что не сулит ничего хорошего — ни себе самому, ни обществу. Государство, стало быть, на пользу и всем

вообще и каждому в отдельности. Человек дисциплины и долга, Паскаль вместе с тем не может не подчеркнуть и некоторых таящихся тут опасностей: «Нередко приходится упрекать людей в излишней послушности; это такой же естественный порок, как и недоверчивость». Человек только тогда человек, когда он сохранил в себе человеческое достоинство. Паскаль за институт силы, однако он считал нужным предупредить сына герцога де Люина: «Не пытайтесь властвовать над людьми силою, а удовлетворите их желания, облегчайте их пужды, ищите удовольствие в том, что, по мнению света, считается благодетельными поступками».

У Паскаля, несомненно, был государственный ум. Паскаль это понимал и говорил, что охотно занял бы какой-нибудь пост, а еще лучше стал бы воспитателем будущего государственного деятеля. Наполеон, тонко почувствовавший эту сторону дарования великого ученого, обронил как-то, уже на острове св. Елены, что «сделал бы Паскаля сенатором».

Вопросы морали привели Паскаля к проблеме государства, которая к морали же и свелась. Только так, видимо, Паскаль и мыслил устранить все могущие возникнуть противоречия. «Нужно уметь сомневаться, когда это нужно, подчиняться, когда это нужно, и верить, когда это нужно. Кто поступает не так, тот не слушается силы разума». Это очень гибкая «формула» хотя и звучит как оправдание!

В своих философских поисках Паскаль путано и мучительно прошел через все крайности веры и безверия, борьбы с атеизмом и разумом, потерпел трагическую неудачу в попытке примирить науку с религией, но так и не нашел «спокойную гавань» для мятущейся и несчастной своей души. Ирония судьбы была в том, что, даже не победив Монтеня, Паскаль — этот последний великий отпрыск эпохи Возрождения — тем не менее сделался чем-то вроде и последнего ее могильщика.

На нем — также и печать кризиса современного ему европейского гуманизма. Паскаль противоречив, многопланов. Мы не имеем оснований утверждать, что он окончательно и бесповоротно взял сторону разума, однако, осваивая наследие Паскаля, мы имеем полное право следовать по той дороге — из числа им намеченных, — которая ведет к прославлению и к победе разума.

К ВЕРШИНАМ МАТЕМАТИКИ

«Мыслители, подобные Паскалю, — писал Морис Метерлинк, — не кажутся счастливыми». Справедливость этих слов не вызывает сомнения. В судьбе Паскаля много трагического. И тем не менее даже Паскалю счастье улыбалось неоднократно. Паскаль, например, был счастлив, когда переживал успех своих физических экспериментов — это было счастье научного открытия. Паскаль был счастлив во время «Писем к провинциалу» — это было счастье борьбы. И, наконец, последнее счастье его жизни связано с математикой, с работами о циклоиде.

К математике Паскаль вернулся неожиданно — и для себя и для окружающих. Прошло несколько лет, как он ее совершенно забросил. Он прекратил — такую для него плодотворную — переписку с Ферма. Предлогом послужило то, что он якобы разочаровался в математике, назвав ее «любопытным, но бесполезным занятием». Гюйгенс потом писал: «Я всегда надеялся, что он оправится от слабости и возьмется вновь за эту науку, в которой он так преуспевал». Сестра Паскаля, Жильберта, наоборот, усматривает слабость брата в том, что он вновь занялся математикой и, чтобы оправдать его, старается все свалить на жестокую зубную боль, от которой Паскаль однажды ночью будто бы не находил места в своей пор-рояльской келье. Невзначай он вспомнил задачу о циклоиде; ее когда-то предложил Мерсенн, но она так никем и не была решена, и, чтобы как-то отвлечься, стал над ней размышлять.

В ту весеннюю ночь 1658 г. Паскаль сделал несколько замечательных и важных открытий. Казалось, в нем расступилась некая искусственная плотина, и поток мыслей устремился к означенной цели. До этого Паскаль даже не знал, что вдохновение может быть столь могучим, его пугала сила собственной мысли. Он вычислял с поразительной легкостью, едва возникал вопрос — как тут же следовало решение. Зубная боль была забыта. Паскаль переходил от теоремы к теореме, их образовалась целая цепь. Он настолько был потрясен, что на следующий день сообщил обо всем «знатному и благочестивому» герцогу Роану, ставшему, по его примеру, добровольным отшельником Пор-Рояля. В случившемся герцог увидел «внушение свыше» и уговорил Паскаля записать все то, что ему «открылось» ночью.

Это потребовало восемь дней напряженной работы; в июне был анонимно объявлен конкурс на решение шести задач по циклоиде. Предлагалось найти площадь и центр тяжести сегмента циклоиды, а также объем и центр тяжести тела вращения этого сегмента. Победителя ждала награда — 60 пистолей, сумма по тому времени немалая. Премия вместе с собственным решением Паскаля была передана Шьеру Каркави, который должен был произвести присуждение совместно с Робервалем. Жильберта подчеркивает, что премиальные деньги дал герцог Роан. Добрый герцог заслонил от мадам Перье главное: Паскаль бросил вызов геометрам Европы — в этом отразилось не столько влияние герцога, сколько стратегия Пор-Рояля, который в ту пору осаждался врагами с небывалым ожесточением; нависла угроза, что янсенистов объявят вне закона, а монастырь будет закрыт. И Пор-Рояль вновь выставил свой главный козырь — Паскаля. Пусть все видят, что в их общине — не только искуснейшие богословы-полемисты и философы, но и выдающиеся математики. Победить должен был Паскаль. Только Паскаль. Именно поэтому срок конкурса (если учесть медлительность тогдашней почты) был установлен очень жесткий — 1 октября. На все просьбы продлить конкурс следовали отказы. А времени действительно не хватило. Джон Валлис, правда, решил все шесть задач, но допустил неточности. Талантливый бельгиец Слюз справился лишь с одной из задач, Гюйгенс — с четырьмя. Интересно, что, решая задачи конкурса, некоторые из ученых сделали, так сказать попутно, другие замечательные открытия: английский астроном и архитектор Рен, например, произвел спрямление циклоиды, т. е. вычислил ее длину, а Гюйгенс изобрел циклоидальный маятник, примененный им затем в часах, над конструированием которых он в то время работал. (Его земляк физик Гравезанд потом скажет, что Гюйгенс был первым из смертных, кому удалось точно измерить время.)

Христиана Гюйгенса к участию в конкурсе привлек Паскаль, пославший ему в Гаагу условия конкурса с оказией. Паскалю был известен трактат Гюйгенса «О расчетах в азартных играх». Гюйгенс же хорошо знал не только математические и физические работы Паскаля, но и устройство его счетной машины. В одном из писем в Париж, называя Паскаля «замечательным человеком», он

признавался: «Уважаю Паскаля безгранично». Оказалось, что и Паскаль был к нему расположен. Получив от Паскаля экземпляр «Писем к провинциалу», Гюйгенс ответил присылкой «Часов» («Horologium»). Дав работе самую высокую оценку, Паскаль писал: «Надеюсь, что вы удостоите меня своей дружбы, потому что безусловно, если ее можно заслужить почтением и уважением, питаемым к вам, я ее заслужу. Я полон этих чувств к вам и вашему последнему творению...» Вскоре Гюйгенсу стало известно, что Паскаль «решил все задачи анонима», т. е. одержал победу на конкурсе. Так оно и было, поскольку Паскалевы решения оказались наилучшими. Пистолы герцога Роана пошли на печатание серии мемуаров, где Паскаль выступал под псевдонимом Амоса Деттонвилля (он составлен из тех же букв, что и прежний его псевдоним — Луи де Монтальт!) Поэтому нас не удивляет то, что Деттонвилль-Монтальт воспользовался случаем и зло выстегал тулузского иезуита Лаловера, приславшего на конкурс незначительное решение. Но трудно понять другое: чем вызваны несправедливые нападки правдолюбца Паскаля на Торричелли в пользу Роберваля и его стремление закрепить — при изложении истории ранних работ по циклоиде — пальму первенства за своим старшим другом в ущерб памяти великого итальянца?.. Об этом можно только гадать. Но лучше не гадать: припишем это странностям характера нашего героя, которых с годами, увы, становилось все больше.

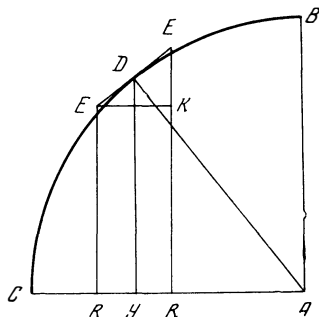
Работа над циклоидой затянулась до середины 1659 г., заняв в общей сложности около полутора лет. В опубликованных мемуарах Паскаль поместил не только свои теоремы и задачи о циклоиде («рулетте»), он и набросал ее историю, а кроме того, проанализировал наиболее значительные работы по спрямлениям и квадратурам кривых линий вообще и приложил общие методы определения квадратур и центров тяжести различных кривых. По отношению ко всем этим вопросам исследования циклоиды являются всего лишь как бы частным случаем. Паскаль рассматривает проблему в гораздо более общем виде, чем до него. И — что самое главное — он открыл и применил такие методы, которые позволяют считать его одним из творцов исчисления бесконечно малых, т. е. дифференциального и интегрального исчисления.

Особенно важное значение имеет Паскалев «Трактат о синусах четверти круга». Вычисляя интегралы тригонометрических функций, в частности тангенса, Паскаль вступил здесь в область эллиптических интегралов, сыгравших впоследствии, как известно, важную роль в математическом анализе и его приложениях. Кроме того, Паскаль доказал ряд теорем, которые относятся к замене переменных и к интегрированию по частям. Интересно, что Паскаль не принял методов своих предшественников, в частности метода Кавальери, правильно оценив неудобства, с ним связанные. В докладе о Паскале Александр Койре недавно отметил, что Паскаль-де «не понял глубокого смысла воззрений Кавальери». Возражая Койре, проф. А. П. Юшкевич пишет: «Паскаль действительно не углубился в изучение проблемы связи непрерывного и дискретного, представляющей большие трудности и в наше время. Однако следует сказать, что трактатика проблемы интегрирования у Паскаля имела принципиальное значение для дальнейшего развития самого интегрального исчисления и теории пределов. По существу у Паскаля содержались в неразвитом виде и использовались идеи о равносильности дифференциала, как главной линейной части приращения, самому приращению и, шире, о свойствах равносильных бесконечно малых величин. Именно эти идеи сообщают исчислению бесконечно малых его широкую применимость, эффективность и доказательность».

«Трактат о синусах четверти круга» сыграл в истории математики и другую важную роль: Лейбниц разглядел в нем один из основных элементов дифференциального исчисления — элемент, названный им «характеристическим треугольником»: это — бесконечно малый и безгранично уменьшающийся треугольник, образованный дугой кривой и приращением ординаты и абсциссы, стороны которого стремятся к нулю, тогда как их отношения имеют определенные предельные значения (рис. 3). Г. Вилейтнер пишет: «...характеристический треугольник многократно применялся... Паскалем, допускаявшим, что элемент дуги, который он рассматривал как отрезок прямой, совпадает с касательной. ...Паскаль, основываясь на характеристическом треугольнике, вывел равенство: $DJ \cdot EE = RR \cdot AB$, которое определяет отношение двух бесконечно малых элементов $\frac{RR}{EE}$ через отношение конечных ве-

личин $\frac{DJ}{AB}$. Именно этот чертеж Паскаля привел Лейбница к изобретению дифференциального исчисления».

Впрочем, характеристический треугольник придумал не Паскаль. Им в так называемых полярных координатах пользовался еще Архимед, его употребляли и Ферма и некоторые другие его современники. Но у Паскаля он выступал столь отчетливо, что, лишь бросив взгляд на него, проныцательный Лейбниц был, как он сам признается, «озарен новым светом». Это случилось в 1673 г. Находясь в Париже в качестве дипломатического посланника курфюрста Майнцского, Лейбниц близко сошелся с Гюйгенсом, и тот обратил его внимание на математическое наследие Паскаля. Энергичный и предприимчивый «полигистор» Лейбниц познакомился с семейством Перье и от них получил для прочтения некоторые рукописи Паскаля. Он тогда был еще новичком в математике, однако быстро оценил все значение «вспомогательной теоремы» Паскаля. Это вскоре и привело его к открытию дифференциального и интегрального исчисления.



Р и с. 3

Из характеристического треугольника исходил и Ньютон, примерно в то же самое время создавший свое «исчисление флюксий». Мы знаем, что роль предшественника для Ньютона сыграл Исаак Барроу, который вполне мог познакомиться с характеристическим треугольником у Паскаля.

Поэтому совершенно прав Энгельс, утверждая в «Диалектике природы», что дифференциальное и интегральное исчисление Ньютоном и Лейбницем «завершено, а не изобретено».

«Трактат о рулетке» Паскаля Даламбер называл «чудом проныцательности и проникновения». Это сочинение, говорил он, никогда не утратит своей ценности как удивительный памятник силы человеческого разума, как связующее звено между Архимедом и Ньютоном.

Сам собой напрашивается вопрос: а что же помешало Паскалю «переступить порог» — открыть дифференциальное и интегральное исчисление? Одна из причин — антиалгебраическая его настроенность. Он почему-то отрицательно относился к буквенным обозначениям, уже входившим тогда в обиход. Вилейтнер пишет: «Паскаль не научился производить алгебраических выкладок. Подобно Архимеду, он все выражает словами. В этом отношении современнее его даже Ферма, как известно, еще в значительной степени придерживавшийся метода древних». Буквенные обозначения начал вводить Франсуа Виет, математик конца XVI в. Но его система не привилась. Изобретателем современной символики, без которой математика нами теперь и не мыслима, стал Декарт. Он предложил обозначать известные величины первыми буквами алфавита ($a, b, c...$), неизвестные — последними (x, y, z). Цифры он употреблял для обозначения коэффициентов и показателей степени. Паскаль не пошел по этому пути. В «Мыслях» есть такая запись: «Языки суть шифры, в которых не буквы заменены буквами, а слова словами, так что неизвестный язык есть легко разбираемый шифр». Странно, что человек, написавший это, враждебно относился к буквенным обозначениям в математике! Поэтому уже довольно скоро пришлось «переложить Паскаля на язык математики», не говоря о том, что «словесный метод» несомненно ограничивал и свободу его мысли.

Были помехи и другого рода. К концу работы над циклоидой у Паскаля, вместе с силами, иссяк и запал. Погрузившись в безысходную мрачность, Паскаль снова вернулся к мысли, что философия людям неизмеримо нужнее геометрии, что понять бесконечность философски — более важно нежели копаться в исчислении бесконечно малых...

И Паскаль вновь отошел от математики — на этот раз уже окончательно.

ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ ЖИЗНИ. ОТ ПАСКАЛЯ ДО НАС

Два последних года жизни Паскаля была особенно тяжелыми: к болезни прибавились нравственные страдания.

В 1661 г., после смерти Мазарини, 23-летний Людовик XIV стал наконец самостоятельным правителем. Началась эпоха «короля-солнца», который вскоре произнесет свою историческую «формулу»: «L'état c'est moi» — «Государство — это я». Не подававший смолоду никаких особых надежд, Людовик сразу повел себя твердо и самостоятельно. Рядом была Англия, где недавно Кромвель казнил короля Карла I. Людовик решил покончить с партией кардинала Реца — одного из главных вдохновителей фронды. В Пор-Рояле король видел опасный очаг смуты. На свет снова выплыл высокий формуляр, осуждавший учение Янсения. Выпестованный иезуитами, Людовик XIV всегда держал их сторону. По их наущению он потребовал, чтобы все духовные лица и монахи Пор-Рояля подписались под формуляром. Многие отказались это сделать. Над Пор-Роялем вновь нависла опасность. Активней других сопротивлялись Анжелика Арно и Жаклина. «Я знаю, что не дело монахинь выступать на защиту истины, — заявила гордая и мятежная сестра Паскаля. — Но коль скоро духовники оказались робкими, словно женщины, то женщины должны обрести в себе смелость духовников!» Немало сил потратил Арно на уговоры. Его авторитет и красноречие все же одержали верх: Жаклина поставила подпись, Анжелика же, так и не подписав, в августе 1661 г. умерла. Через два месяца потрясение свело в могилу и Жаκлину. Вся непреклонность этих женщин теперь, казалось, сосредоточилась в Паскале. Он боялся, что во имя спасения Пор-Рояля Арно, Николь и де Саси пойдут на уступки. И Паскаль призывал не сдаваться...

«Церковь и монархия не пренебрегли своим долгом, — писал Бальзак, — они задушили Пор-Рояль». Но случилось это много позже — в 1708 г.: отшельники были разогнаны, школы закрыты. Ненависть иезуитов к Пор-Роялю была так сильна, что они буквально стерли его с лица земли; даже могилы янсенистов подверглись поруганию. Однако удар, нанесенный иезуитам «Письмами» Паскаля, оказался для них роковым: в XVIII в. иезуиты под дав-

лением прогрессивных сил были изгнаны из многих стран, в 1773 г. их орден был упразднен. Правда, только на срок лет, потому что в 1814 г., после разгрома наполеоновской империи, когда в Европе начался разгул злейшей реакции, Пий VII восстановил его... «Насмешка и тонкая ирония Паскаля совершили то, чего не могли сделать ни приговоры, ни указы: иезуиты были изгнаны отовсюду, — писал прославленный памфлетист начала прошлого века Поль-Луи Курье. — Легонькие листовки одолели могучее сообщество. Памфлетист играючи опрокидывает королей и народы. Поверженный орден уже не поднимется, какую бы помощь ему ни оказывали; а Паскаль пребывает великим в памяти людей».

Между тем здоровье Паскаля все ухудшалось. Пор-рояльский период его жизни полон героического напряжения. И Паскаль надорвался. Он уже не мог ни читать, ни писать, но еще продолжал работать над книгой — диктовал. Некогда великолепная память его ослабела, на нее теперь нельзя было положиться, все надо было записывать. Но не всегда ему удается даже записать или продиктовать. «Мысль ускользнула от меня, — жалуется Паскаль. — Я хотел ее записать, а вместо того пишу, что она от меня ускользнула». Однако к себе Паскаль становится все беспощадней, он не дает себе никакого спуска, ни в чем. Он подавляет в себе всякую замеченную слабость. Сила воли его — поразительна. Аскетизм, которому он предается, настолько суров, что вызывает осуждение других аскетов Пор-Рояля. Его утварь — глиняная чашка и деревянная ложка; стол и кровать — вот обстановка его комнаты. «Не украшай своего дома картинами или живописью, — учил Эпиктет, — пусть украшением ему служит царящая в нем умеренность...» Паскаль идет дальше этого. Он строит жизнь по рецепту средневекового мистика Фомы Кемпийского: не ест, не пьет, не позволяет себе никаких удовольствий, избегает людей, стремится «отрешиться от мира» полностью. Он говорил: истинное счастье нашей жизни — в самоотречении. Болезнь все глубже загоняла его в тупик, в мистику. Всю свою предшествующую жизнь он считает греховной. Он осудил свои занятия наукой, отрекся от собственных научных трудов. Характерна такая запись: «Нужно высказаться и против тех, которые слишком углубились в науку (Декарт)». Он готов был взыскивать даже с мертвых! Рано утром он

начинал обход церквей и часами молился. На свои физические страдания он смотрел как на ниспосланное ему свыше спасительное наказание. «Сознаюсь,— говорил он,— было время, когда я здоровье считал благом». «Умерщвляя плоть», он стал носить на теле пояс, утыканный гвоздями. Когда ему казалось, что он забывался, что он позволяет себе то, что запретил, он ударял локтем по поясу, и это его «отрезвляло». Так он подавлял в себе свой гордый гениальный разум, так он принуждал себя к вере без «оглядок и оговорок». Это уже была не жизнь, а житие. «Религия — болезнь души»,— скажет потом Свифт. Паскаль был очень болен. К нему не только вернулись прежние хвори, но и добавились новые. Это был какой-то сложный комплекс непрерывных и мучительных головных и зубных болей, колик, обмороков, бессоницы. Он страдал мужественно, не жалуясь, стараясь не досаждать другим. И безропотно, пунктуально глотал все прописываемые врачами лекарства, даже если они были отвратительны на вкус.

В декабре 1660 г. его дважды навещил Христиан Гюйгенс, слава которого в ту пору все ширилась. Свидания с Паскалем Гюйгенс добился не без труда, ему помог герцог Роан. Паскаль в свои 37 лет казался стариком, тенью человека: на исхудалом и изможденном его лице выдавался огромный горбатый нос, глаза лихорадочно блестели. Болезненному и хлипкому от природы Гюйгенсу было его искренне жаль. В дневнике он скупно упоминает, что беседовали они о силе «разреженной воды» (т. е. пара) и о привезенных Гюйгенсом телескопах. Но Паскаля утомляла даже обычная беседа, и он больше молчал. У Гюйгенса с ним настоящей ученой беседы не получилось, и молодой голландец ушел в подавленном настроении.

По натуре Паскаль был человеком гордым и самолюбивым, увлекающимся, нетерпеливым и вспыльчивым. Вспышки гнева и язвительности доводили его иногда до крайностей, так что «перевоспитывать» себя ему было совсем не просто. Впрочем, «розового» христианина из него так и не получилось. Темперамент то и дело прорывался сквозь аскетическую личину.

И все больше страдали окружающие от морального гнета Паскаля. Он стремился пресечь самые естественные их поступки и чувства. Так, он порицал Жильберту за

то, что она была ласкова с детьми (материнская ласка, утверждал Паскаль, развивает в детях слабодушие), порицал ее за то, что она вкусно готовила. («Есть, чтобы потакать своему вкусу, дурно,— говорил Паскаль.— Надо удовлетворять потребности желудка, а не прихоти языка»). Приходится с сожалением констатировать, что ханжество нашего героя подчас становилось несносным. Щадя его нервы, ему почти не перечили, а он этим пользовался, превратившись в семейного тирана.

Свою любимую сестру Жаклину Паскаль пережил только на девять месяцев. Эти месяцы были похожи на все усиливающуюся агонию. Головная боль стала невыносимой, все учащались обмороки. Спать он совсем не мог. Появилось непреодолимое отвращение к пище, а внутренности раздирали колики. 17 августа случился такой острый припадок, что Паскаля сочли умершим. Но он опаматовался. Консилиум врачей нашел его состояние неопасным: «мигрень, соединенная с сильными парами воды». Лечиться велели сывороткой. Паскаль возразил врачам, что они заблуждаются. Так и было: вскоре после консилиума Паскаль потерял сознание и на следующий день 19 августа 1662 г. в час пополудни на сороковом году жизни скончался. Вскрытие установило, что у него, по тогдашнему определению, было гангренозное воспаление мозга и органов пищеварения. Погребли его в Париже, в церкви св. Этьена.

«Я глубоко опечален смертью несравненного Паскаля»,— писал из Гааги Гюйгенс. Но современники, как уж водится, далеко не все понимали, что унесла эта преждевременная кончина...

Сохранилась посмертная маска Паскаля и несколько его портретов. Лучший из них — это, пожалуй, гравюра Эделинка, выполненная по портрету Месмеля. Во взгляде Паскаля, обращенном на зрителя как бы со стороны,— сложное соединение грусти, спокойной властности и еле уловимой иронии.

От Паскаля осталось несколько связок рукописей — у пор-рояльских его друзей и у Перье. Простудировавший математические рукописи Паскаля Лейбниц писал потом Этьену Перье, племяннику ученого: «Вы доставили мне возможность с пользой прочитать размышления одного из лучших умов нашего века. ...Я нахожу их достаточно цельными и законченными для того, чтобы они были

опубликованы». И далее Лейбниц набрасывает, в каком, по его мнению, порядке следовало бы расположить шесть прочитанных им трактатов в будущей книге. Этьен Перье не довел дело до конца, книга издана не была, и часть трактатов бесследно исчезла.

Первое собрание сочинений Паскаля вышло в 1779 г. Издавший его Боссю обращался с текстом более чем свободно: сокращал, дописывал, перекраивал, менял заглавия, ссоединял отрывки, создавая таким образом «новые» и «законченные» трактаты. Можно представить, какой это был Паскаль!

Но самые большие мытарства выпали на долю «Мыслей». Первое издание этой книги, являющей собой удивительный сплав ума и поэзии, было осуществлено Пор-Роялем. Душой этого дела стал Николь, которому помогали Арно, герцог Роан и семейство Перье. Они прежде всего постарались припомнить все то, что когда-то слышали об «Апологии христианства» от самого Паскаля — о замысле книги, о ее построении. Но замысел в процессе работы, видимо, изменился (ведь есть же у Паскаля такая запись: «Я сделал бы слишком много чести своему предмету изложения, если бы трактовал о нем в порядке, потому что я именно и хочу показать, что он не поддается порядку»). В руках у издателей, вместо чего-то цельного, законченного, было несколько связок разновременных и разными почерками исписанных листков — груда фрагментов. «Апологии» не было и воссоздать ее было не из чего. Решили сделать другую книгу — книгу эссе и максим, этот жанр становился тогда распространенным. Груды листков рассортировали, разложили по сюжетам и темам — получилось 24 главы, каждой из них дали заглавие. Надо сказать, что Николь и Арно, как ни противились Перье, редактировали Паскаля весьма бесцеремонно: усекали, чистили, приглаживали, «расшифровывали темные места», выбрасывали все «неблагодарное». На то были свои резоны: Пор-Рояль опасался иезуитской цензуры; кроме того, у яansenистов была тайная мечта сделать из Паскаля нового своего святого. Жильберта написала большую биографию брата — «Жизнь Паскаля» («Vie de Pascal. Parm-me Perier»). Сделана она это умно и талантливо, однако биографию в книгу все же не включили, дабы не выпячивать фигуру Паскаля и зря не дразнить иезуитов. Ограничились небольшим предисловием, которое написал

Этьен Перье. На все это ушло немало времени: «Мысли» увидели свет лишь в 1670 г., а «Жизнь Паскаля» вышла отдельной книгой за год до смерти Жильберты, в 1685 г.

Через сто лет «Мысли» переиздал Кондорсе. Вольтер написал к ним примечания, с его же легкой руки они стали называться просто — «Pensées». В противовес яansenитам, Кондорсе выбросил из Паскаля все то, что казалось ему слишком благочестивым. Это издание получилось более полным, но тоже изобиловало неточностями и искажениями.

В 1841 г. Виктор Кузеп сличил печатные издания «Мыслей» с сохранившимся манускриптом. Расхождения оказались очень большими, о чем Кузеп представил академии обстоятельно мотивированный доклад. Авя было поручено подготовить так называемое критическое издание; оно вышло в 1852 г. В нем, не говоря о множестве исправлений, была добавлена новая, 25-я глава, содержащая более сотни доতোле неизвестных фрагментов. Читатели впервые получили подлинный текст «Мыслей». С этого началось научное издание и других произведений Паскаля. Вскоре было предпринято еще несколько изданий «Мыслей». Самыми совершенными и интересными являются два издания Мишо (1896 и 1899 гг.).

Считается, что «Мысли» созданы Паскалем в последние годы жизни. Однако из этого не следует, что в книге отразилось лишь то, над чем Паскаль размышлял в течение этих пяти или шести лет. Вне сомнения одно: на эти годы приходится бoльшая часть религиозных рассуждений. Паскаль отличался феноменальной памятью, кроме того, годам к тридцати у него появилась привычка записывать наиболее интересное. Задумав «Апологию», он не только писал новое, но и собрал все прежние записи, а также многое восстановил по памяти, чтобы потом разобраться и обработать. В «Мыслях», таким образом, несомненно нашло отражение *все* самое существенное из того, над чем Паскаль размышлял в течение всей своей сознательной жизни. Более того, эти записи можно рассматривать и как своеобразный дневник, к сожалению, не датированный (правда, во многих случаях эти даты легко угадываются). И что еще поражает нас не меньше, чем глубина и сила мысли Паскаля, так это его искренность, доверчивость и простота. Он может быть неправ, он способен заблуждаться, но ему всегда чуждо какое бы то ни бы-

ло притворство, бравада, поза. Трудно понять — как могла в те жестокие, насквозь фальшивые и вероломные времена выкристаллизоваться такой чистоты душа! И в этой искренности, бесхитростности — одна из загадок силы воздействия Паскаля-писателя. Под его влиянием во французской литературе сложилась целая школа. Его «Мысли» и «Письма к провинциалу» сделали эталонами стиля и наложили свой отпечаток на развитие прозы почти на столетие вперед. Французский критик середины прошлого века Низар писал: «Я мог бы указать пальцем на те места в «Письмах к провинциалу» и в «Мыслях», которые мощным великолепием и всегда прочувствованной дерзостью предвещают Боссюэ, или потоком сурового и страстного красноречия готовят Бурдалу, или блеском красок и живостью контрастов приближаются к Лабрюйеру, или легкостью и живостью прокладывают путь Вольтеру. Все манеры письма получили свой образец в творчестве этого человека, который никогда не добивался литературной славы». Список Низара можно продолжить: Мольер, Сент-Эвремон, мадам де Севинье и де Ментенон, кардинал Рец и Пьер Бейль — все они прошли школу Паскаля. Влияние Паскаля-стилиста отдается и много позже: Курье, Стендаль, Ницше... В своем дневнике 1894 г. Жюль Ренар, сам блестящий стилист, оставляет такую запись: «К описанию деревни применить стиль Паскаля...»

Велико влияние Паскаля и на стиль научных работ, на стиль научного мышления. В то время чрезвычайно высоко как писатель котировался Декарт. Но фраза Декарта длинна, загромождена вводными и придаточными предложениями, напоминая латынь и старых авторов. Трактаты Паскаля написаны очень просто и с таким же высоким мастерством, как и другие его произведения. Они прозрачны по мысли и ажурны по форме. Стиль научного мышления Паскаля с наибольшей силой проявился в созданном им методе полной дедукции, который поначалу прошел незамеченным. Но в XIX в. математика сделала его одним из основных орудий познания. «Какой бы пример вы ни взяли, — говорил Эйнштейн, — вы скоро убедитесь в превосходстве дедукции». А известный современный психолог Жан Пиаже недавно констатировал, что «математика в своем развитии достигла чисто дедуктивного уровня, на котором опытная проверка бесполезна, поскольку достаточно и дедуктивной демонстрации».

С дедуктивным методом связаны логические воззрения Паскаля, к которым он пришел, развивая учение Декарта о методе. Они повлияли на так называемую логику Пор-Рояля, разработанную Арно и Николем. Эти писатели придерживались основных принципов логики Аристотеля, но им удалось, используя методологические достижения Декарта и Паскаля, очистить эту науку от средневековой схоластики, обобщить и упростить содержание логических правил. Их книга «Логика, или искусство мыслить» вышла в 1662 г. Она получилась удачной и, многократно переиздаваемая, долго потом служила учебным пособием.

Декарт умер в 1650 г., затем умерли Дезарг и Паскаль, а в 1665 г. — Ферма. На них блестящий период французской математики XVII в. кончился. В 1666 г. частный кружок Мерсенна — Паскаля, снискавший во всем научном мире широкую и прочную репутацию, был преобразован в Парижскую академию наук. Это было делом рук Кольбера — в подражание Ришелье. В заслугу Кольберу следует поставить и то, что он пригласил Гюйгенса занять пост председателя: во Франции тогда подходящей кандидатуры не было...

Паскаль писал: «...работая для завтрашнего дня, ... мы поступаем разумно». Прошло три столетия, но не оборвалась связь великого ученого с живой жизнью, с океаном человеческой мысли. На всю Францию славится Клермон-ферранский лицей имени Блеза Паскаля. Все развивается и совершенствуется счетная машина, вступившая сегодня в грандиозную область кибернетики. В ней многое изменилось, кроме принципа, разработанного юным Паскалем. Полюбившийся нам еще на школьный скамье закон Паскаля — все также остается *основным* законом гидростатики и широко используется на практике. На вершине Пюи-де-Дом, в память об историческом опыте Паскаля — Перье, была построена метеорологическая станция, действующая и поныне. Остаются в арсенале математики теоремы Паскаля, а его дедуктивный метод взят на вооружение не только математикой, но и другими науками.

И, наконец, весь Паскаль — геометр, физик, философ — отозвался в великой теории Эйнштейна...

Огромна литература о нем, и она все растет. Паскаля продолжают изучать, открывая в нем новое и по-новому во многом его воспринимая. Далекое не все в Паскале равноценно и одинаково сохранны, но мы сметаем с него ми-

стические наслоения, этот прах далекой от нас эпохи, и вносим поправки — на прогресс науки, на уровень наших знаний, на время. Поль Ланжевен сказал: «...перед нами открывается мир гораздо богаче того, который представлял себе Паскаль, предполагавший одинаковое строение бесконечно малого и бесконечно большого, различающихся между собой только в масштабе. С этой точки зрения, мы на всех ступенях должны были бы встречать одинаковые аспекты действительности, к которым приложимы одни и те же представления. К счастью, действительность... — гораздо богаче и несравненно интереснее».

Да, наш кругозор шире, знания о природе и богаче и глубже. Но в этом не лично наша доблесть, а наше счастье. Паскаль был одним из тех, кому мы этим обязаны. Его деятельность оставила глубокий след в духовном развитии человечества. Но история Паскаля — это не только история вдохновенных взлетов мысли, страстных поисков истины и великих находок. Это так же история и больших заблуждений. Гениальный образ Паскаля соткан из мысли и света, но есть в нем и тени. В его необыкновенной судьбе много горького и нелепого — в том не вина, а беда Паскаля. Не осуждать его, а постараться понять — вот наша задача. А поняв, его нельзя не полюбить. Удивительное для своего трудного, жестокого и путаного времени, человек тончайшего строя интеллекта и души, он не только несет на себе клеймо эпохи, но и отражает ее в себе, как зеркало. Паскаль — одна из центральных фигур века, поэтому понять его — значит понять и самое, быть может, основное в его эпохе.

Гениальный физик и математик, глубокий мыслитель и гуманист, грозный обличитель иезуитского лицемерия и ханжества католического духовенства, блестящий стилист и реформатор языка — таким предстает Паскаль перед нами.

Пусть многое в нем принадлежит прошлому, но в нем много и такого, чем он накрепко связан с нашим временем и что безоговорочно берем себе мы сегодня, и что — как великую драгоценность — передаем будущему.

И вот этим всем он нам непреходяще дорог.

ИЗ ИСТОРИИ НАУЧНОЙ МЫСЛИ XVII ВЕКА

В истории науки XVII век, в отличие от XVIII века, имел много названий и ни одного однозначного. «XVII век не имел для всей Европы и на всем протяжении особого и звонкого эпитета... между своими славными соседями — «Веком Возрождения» и «Веком Просвещения» — XVII век оказался чем-то не вполне определенным, лишенным какой-то главной и характерной черты»*.

Этот век «без названия», начавшийся костром на Площади Цветов в Риме, на котором по приговору инквизиции был сожжен Джордано Бруно**, выразитель новых космологических взглядов, дал миру крупнейших мысли-

* А. Д. Люблинская. Французский абсолютизм в первой трети XVII в. М., 1965, стр. 6.

** G. Graziano. Bibliografia Bruniana. Asti, 1900.— A. Noff. [А. С. Норов]. Notice bibliographique sur un manuscrit autographe des oeuvres inedites de Giordano Bruno Nolano. St. Petersburg, 1868; «Джордано Бруно. Библиография переводов его сочинений и литературы о нем на русском языке». «Доклады и сообщения Филологического института» [Ленингр. Гос. ун-та], 1949, вып. 1; о нем см.: Ф. Энгельс. Диалектика природы. М., 1955, стр. 152; Л. Ольшки. История научной литературы на новых языках, т. 3. М.—Л., 1933, стр. 3—48; В. С. Рожидын. Джордано Бруно и инквизиция. М., 1955; В. Щеглов. Джордано Бруно и его космология. Ташкент, 1956; В. С. Корниенко. Философия Джордано Бруно. М., 1957; Б. Г. Кузнецов. Джордано Бруно (в печати).

телей, писателей, политических борцов и составил эпоху в развитии науки.

Успехи науки XVII в. необходимо рассматривать в связи с характерным для этого периода подъемом общественного производства и материальной культуры. Развитие мануфактуры, ряд изобретений и усовершенствований в технике, множество новых фактов, ожидавших теоретического осмысливания, явились импульсом для развития науки. Развитие ремесла дало ученым новую аппаратуру, вооружив их новыми орудиями познания*.

В XVII в. почти во всех западноевропейских странах уже существовал капиталистический уклад. Капиталистические отношения мы находим в Англии, Голландии, Франции, Италии, Германии. Степень их зрелости была различна. Определяющим в экономике западноевропейских стран было победное шествие мануфактуры во всех ее видах, расширение рыночных отношений, тенденция к созданию мирового рынка, первоначальное накопление во всех его формах, развитие капитализма в сельском хозяйстве, отделение непосредственных производителей от средств производства, формирование класса буржуазии и класса наемных рабочих. Феодальные отношения изживали себя. Они уже не стимулировали развитие производительных сил общества, а становились его оковами. Старое цеховое ремесло не могло удовлетворить потребности рынка и вынуждено было отступить на задний план.

Развитие промышленности тесно переплеталось с развитием науки в целом, но особого расцвета достигли в XVII в. математика и физика. Уже в первой половине XVII в. непрерывно рос интерес к науке, ширился круг

* G. N. Clark. *The Seventeenth Century*. Oxford, 1929; B. Willey. *The Seventeenth Century Background*. London, 1934; P. Rousseau. *Histoire de la sciences*. Paris, 1945; A. Wolf. *A History of Science, Technology and Philosophy in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*. 2nd ed. London, 1950; J. U. Nef. *The Genesis of Industrialism and of Modern Science (1560—1640)*. Chicago, 1953; S. F. Mason. *Histoire des sciences*. Paris, 1956; «*Histoire générale des sciences*». T. 1: *La science antique et médiévale*. Paris, 1957; T. 2: *La science moderne (de 1450 à 1800)*; H. Butterfield. *The origins of modern science 1300—1800*. London, 1957; P. J. Forles and E. J. Dijksterhuis. *A history of science and technology*. Vol. 1—2, 1963. Vol. 1: *Ancient times to the seventeenth century*; Vol. 2: *The eighteenth and nineteenth centuries*.

вопросов, ответы на которые общество ждало от нее. Росла и потребность общения между учеными, ощущалась необходимость создания научных центров и печатных органов, через которые научные открытия и наблюдения смогли бы стать известными многим. Университеты не удовлетворяли новым задачам науки. Это объяснялось всем ходом и особенностями их развития. Анализ истории университетов убеждает в том, что в начале XVII в. они неспособны были разрешать возникавшие задачи и в еще большей мере неспособны были к консолидации научных сил *. Более того, многие университеты стали хранителями средневековых традиций и боролись с новшествами. Здесь достаточно привести один пример. С начала XVI в. Парижский университет становится в известной мере оплотом схоластики против гуманизма и ведет неустанную борьбу с последним. Именно в противовес университету был организован, по инициативе и силами гуманистов, Коллеж де Франс. В XVII в. университет выступает против картезианства. С полным основанием Буало в сатире «*Arret Burlesque*», а вместе с ним Расин и Бернье, изображают университетских профессоров, жалующихся парламенту на вторжение незнакомца — Разума. Характеризуя Парижский университет, В. Герье писал: «Гуманизм был ненавистен университету, потому что он настаивал на классическом образовании, основывал воспитание на изучении лучших писателей греческой и латинской литературы; картезианство же — потому, что оно ставило на первый план математику и физику, отвергая весь схоластический хлам, поддерживаемый авторитетом великого Аристотеля» **. В 1671 г. архиепископ Парижский передал университету приказание короля исключить из преподавания всякое учение, отступа-

* F. Holland. Kurzer Inbegriff von dem Ursprunge der Wissenschaften, Schulen, Akademien und Universitäten in ganz Europa... Wien, 1796; O. Kammell. Die Universitäten im Mittelalter (B сф.: «Geschichte der Erziehung», 1892. Bd. II, S. 334—358); Denifle. Die Universitäten des Mittelalters bis 1400 (1885, Bd. I); Bashdall. The universities of Europe in the middle age (Oxford, 1895); G. Kaufmann. Die Geschichte der deutschen Universitäten. Bd. 1—2 (1886—1896); Thurot. De l'organisation de l'enseignement de l'universite de Paris au mayen age, 1850; F. Paulsen. Geschichte des gelehrten Unterrichts auf den deutschen Schulen und Universitäten vom Ausgang des Mittelalters bis zur Gegenwart. Leipzig, 1896—1897.

** В. Герье. Лейбниц и его век. СПб., 1868, стр. 162.

ющее от принятого. Это приказание было охотно принято и ревностно исполнялось.

Университетская наука при этих условиях не удовлетворяла новым запросам производства. С каждым десятилетием, однако, все сильнее ощущалась необходимость в едином руководстве научными изысканиями и в финансировании этих изысканий государством. Не имея общего центра, ученые общались друг с другом главным образом при помощи писем. Этим объясняется то огромное значение, которое имеет эпистолярное наследие ученых для истории науки XVII в. Наука в основном развивалась вне университетов и часто вопреки им гениальными учеными, одиночками. На арену истории выступает новое естествознание. Одним из основоположников нового экспериментального математического естествознания стал великий итальянский механик, физик и астроном Галилео Галилей (1564—1642). В 1586 г. Галилей пишет несколько работ — о гидростатических весах, о центре тяжести, не опубликованных в то время, но ставших известными группе флорентийских ученых. О его последующем трактате «De motu» («О движении»), претерпевшем ряд редакционных изменений, Б. Г. Кузнецов писал: «Сначала трактат был полон полемических выпадов против механиков, поддерживающих аристотелевскую традицию. Потом появляется вторая редакция — в духе позднего гуманизма, с частыми риторическими отступлениями. Третья редакция придает трактату форму диалога. Риторика исчезает вслед за полемическими выпадами. Уже в Пизе Галилей вырабатывает новый стиль научной литературы — прозрачный, точный, рассчитанный на читателя, не связанного схоластической традицией»*. В «университетской науке» конца XVI — начала XVII в. мы не находим прообразов такого типа творчества. Характер творчества Галилея того времени был вызовом не столь теологической, сколь схоластической направленности «университетской науки». В борьбу с теологической ее направленностью Галилей был вовлечен несколько позднее.

В начале века (1609 г.) Галилей самостоятельно строит свой первый телескоп с выпуклым и вогнутым окуляром.

* Б. Г. Кузнецов. Галилео Галилей. В кн.: Г. Галилей. Избранные труды, т. 2. М., изд-во «Наука», 1964, стр. 484.

В сочинении «Звездный Вестник» («Siderus Nuncius», 1610) Галилей изложил свои первые астрономические открытия (ряд важных открытий — фазы Венеры, форма Сатурна, — сделанных в том же году, не вошли в эту работу). В письме Кеплера к Галилею от 19 апреля 1610 г. и в ряде других его писем ярко отражено то впечатление, которое произвело это сочинение на лучших астрономов века. Эта книга Галилея, как это видно из сочинения Франческо Сицци, была уже оценена как антирелигиозная, противоречащая Ветхому завету. Отныне Галилей — уже активный борец против схоластики и против теологии в науке. В письмах этого же периода Галилей выступает защитником коперниканских взглядов. В 1612 г. он публикует антиаристотелевское сочинение — «Рассуждение о телах, пребывающих в воде, и тех, которые в ней движутся». Для вывода условий равновесия в жидких телах Галилей применил принцип возможных перемещений, использованный им ранее в «Механике».

В 1616 г. учение Коперника было объявлено еретическим, и для Галилея наступили долгие и тяжкие годы вынужденного молчания. Лишь через 7—8 лет появляются две его работы «Пробирные весы» («Il Saggiatore») и «Послание к Инголи», где он формулирует свои философские представления, воскрешая античный атомизм, сводя все чувственные качества к механическому движению частиц вещества. Анализируя «Il Saggiatore», Ольпки сравнивает это произведение с «Les Provinciales» Паскаля, вышедшими четверть века спустя. «Два гениальных ученых с математическим и философским устремлениями духа ведут здесь независимо друг от друга литературную и общественную борьбу против иезуитов». Борьба эта протекает в разных сферах. Паскаль воюет против иезуитской морали, Галилей ведет борьбу за новые методы исследования в науке, но их объединяет одно устремление. Оно направлено на разрешение «дилеммы зависимости или самостоятельности познающего духа, опеки над ним или его автономии»*. Цель этих произведений — защита новой философии и нового естествознания. В 1632 г. Галилей публикует «Диалог о двух главнейших системах мира,

* Л. Ольпки. История научной литературы на новых языках, т. 3. М.—Л., 1933, стр. 192.

Птоломеевой и Коперниковой», вызвавший гнев инквизиции. «Диалог» был объявлен запрещенным, а Галилей до конца жизни, как оставленный «под сильным подозрением в ереси», находился под надзором инквизиции. Книга Галилея и процесс над ним стали известны далеко за пределами Италии. Антисхоластическая, антитеологическая направленность учения Галилея приняла более острый политический характер, знаменуя собой борьбу против идеологии господствующих классов. Эти три стороны философской направленности учения Галилея были предметом наиболее острых дискуссий в историко-физической и историко-философской литературе о Галилее.

Для Италии деятельность Галилея имела особую значимость. Ольшки писал: «Когда 8 января 1642 г. Галилей испустил дух на руках своих младших учеников Вивiani и Торричелли, то музы, казалось, покинули избранную страну своего нового и последнего расцвета. В этот день бесславно закончились четыре века универсальной руководящей культуры Италии. Галилей был последним из тех универсальных руководящих умов, которые извлекли из бьющей через край массы достижений античной и новой, национальной и европейской культуры вечные ценности и облекли их в органическое целое, придав им живой смысл и всеобщее значение и указав им плодотворное направление и осязательные цели*».

В 1638 г. был напечатан знаменитый трактат Галилея «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых наук», созданный автором в 1634—1635 гг. «Конечно, в «Беседы» вошли многие результаты достаточно давнего происхождения. Законы падения тел в пустоте были открыты Галилеем еще в Падуанский период, т. е. до 1610 г. В «Беседы» вошла в качестве приложения и юношеская работа Галилея о центрах тяжести. Трудно указать годы, когда Галилей получил первые теоремы и формулы сопротивления материалов,— в переписке Галилей почти не касался этих тем,— но и эти результаты вряд ли целиком получены тогда, когда писались «Беседы». Однако создание «Бесед» не было чисто литературным трудом. В «Беседах» Галилей затрагивает и проблемы

* Л. Ольшки. История научной литературы на новых языках, т. 3, стр. 313.

педелимых, континуума, актуальной и потенциальной бесконечности»*.

В XVII в., при всем уважении выдающихся современников к Галилею, мы встречаемся и с критической их оценкой его методов. Декарт писал Мерсенну, одному из главных и последовательных пропагандистов учения Галилея во Франции: «Мне кажется, что ему недостает многого, так как он постоянно делает отступления и не останавливается для того, чтобы выяснить до конца какой-нибудь вопрос; это показывает, что он не изучал их систематически и что, не исследуя первопричину природы, он искал только оснований некоторых отдельных явлений, и что, следовательно, он строил без фундамента...»** Тем не менее Декарт высоко оценивал Галилея за то, что, отвергнув схоластические методы, он применил математические приемы при исследовании физических явлений. Более того, исходя во многом из открытий Галилея, Декарт разрабатывает механико-математическую трактовку всех явлений природы. Открытые Галилеем вращение спутников Юпитера и фазы Венеры произвели на Декарта неизгладимое впечатление.

В отличие от Декарта, критически относящегося ко многим вопросам механики Галилея, Гоббс писал, что «...когда уже стало известно о движении Земли и возникла трудная проблема — объяснить падение тяжелых тел, наш современник Галилей, преодолевая эти трудности, первым открыл нам главные врата всей физики, а именно указал природу движения. Следовательно, как нам кажется, только с него и следует начать летоисчисление физики»***.

Если во второй половине XVI и в начале XVII вв. в Италии развивались натурфилософские концепции, опиравшиеся на античные философские источники и на первые успехи учения Коперника (Фракасторо, Кардано, Телезио, Кампанелла, Бруно, Ванини и др.), то новая струя, внесенная многогранным творчеством Галилея, привела к новым тенденциям экспериментального и меха-

* И. Б. Погребысский. Примечание к «Беседам» Галилея. В кн.: Г. Галилей. Избранные труды, т. 2. М., изд-во «Наука», 1964, стр. 431.

** G. Galilei. Ed. Naz., v. XVII, p. 387.

*** Т. Гоббс. Избранные произведения в двух томах. М., изд-во «Мысль», 1964, т. 1, стр. 46.

нико-математического исследования. Литература, посвященная творчеству Галилея, весьма обширна*.

Уже после смерти Галилея в 1657 г. была организована «Accademia del Cimento» (Академия опытов), просуществовавшая не более десяти лет. Ее членами были Винченцо Вивiani (1622—1703) — ученик Галилея, Джiovanni Альфонсо Борелли (1608—1709) — физик, математик, физиолог и астроном и др.** Ее членами-корреспондентами были Оноре Фабри (1606—1688) — автор книги «Physica» (1669), Джiovanni Доменико Кассини (1625—1712) — астроном, основатель Парижской обсерватории. Работы академии были изданы во Флоренции в 1667 г. под названием «Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento» и переведены на французский язык в 1731 г. П. Мушенбреком. Место и роль Торричелли, как прямого преемника Галилея в Италии, в последние годы стало предметом более детальных исследований.

Кроме прямых, непосредственных учеников Галилея (Вивiani, Торричелли, Вивiani и др.) у Галилея были последователи во многих странах. В первую очередь надо упомянуть французского ученого Марена Мерсенна (1588—1648). Ему удалось впервые определить скорость звука. Он изучал движение жидкостей, законы качания маятника***. Мерсенн учился в иезуитской коллегии

* См.: «Bibliografia Galileiana (1606—1963)». В кн.: Г. Галилей. Избранные труды. М., изд-во «Наука», 1964, т. 2, стр. 519—569; R. I. Seeger. On the role of Galileo in physics. «Physis», 1963, 5, N 1; S. Moscovici. Remarques sur l' dialogue de Galilee de la force de la percussion. «Rev. histoire sci.», 1963, 16, N 2, p. 97—137; M. Tauch. The trial of Galileo Galilei. «Scient. Rept. CERN». 1964, N 36, 17 p.; D. Stilman. Galileo and the law of inertia. «Amer. J. Phys.», 1964, 32, N 8, p. 601—608; J. Losee. Galileo and the law of inertia. «Amer. J. Phys.», 1966, 34, N 5, p. 430—432; E. Grant. Bradwardine and Galileo: equality of velocities in the void. «Arch. History Exact. Sci.», 1965, 2, N 4, p. 344—364; V. Somenzi. Tappe della dinamica tra Aristotele e Galileo. «Giorn. fis. Soc. ital. fis.», 1965, 6, N 4, p. 259—268.

** A. Favaro. Documenti per la storia dell'Accademia dei Lincei. Bull. di bibl. e di storia della scienze..., 1887; D. Carutti. Breve storia dei Lincei. Rome, 1883; «La première Académie des Lincei (1603—1630)». «Isis», 24, p. 80—89.

*** [M. Mersenne]. Correspondance du M. Mersenne, 3 vols. Paris, 1945—1946; «Cogitata physico-mathematica». Paris, 1644; «Novae observationes physico-mathematicae», 3 vols. Paris, 1647; «L'impi-

Ла Флеш в одно время с Декартом. Их школьная дружба, несмотря на различие в возрасте, продолжалась много лет. Путешествуя по Италии, Нидерландам, Мерсенн заводил многочисленные знакомства с учеными и путем переписки содействовал установлению связи между ними. Корреспондентами Мерсенна были Декарт, Кавальери, Паскаль, Роберваль, Гюйгенс, Торричелли, Ферма *. Мерсенн содействовал изданию работ Декарта, пропагандировал учение Галилея во Франции. В Париже у Мерсенна происходили еженедельные собрания математиков и физиков, на ход которых оказывал большое влияние Декарт **.

Рене Декарт (1596—1650) — французский философ, математик, физик и физиолог, начиная с 40-х годов XVII в. занимал одно из центральных мест в науке и философии. В своей физике, космогонии, космологии, физиологии Декарт — материалист, в теории познания и в учении о бытии — идеалист. К. Маркс писал: «В своей физике Декарт наделил материю самостоятельной творческой силой и механическое движение рассматривал как проявление жизни материи. Он совершенно отделил свою физику от своей метафизики. В границах его физики материя представляет собой единственную сущность, единственное основание бытия и познания» ***. В учении о познании Декарт был родоначальником рационализма, признающего разум единственным источником истинного знания. Рационализм Декарта связан частично с его наблюдениями над логическим характером математического знания. К физике Декарта примкнул механистический французский материализм (Леруа,

été des déistes et des plus subtils libertins découverte et réfutée par raisons de théologie et de philosophie», 1624; «La vérité des sciences contre les sceptiques et le pyrrhoniens» (1638); «Note sur la vie de Mersenne» (В кн.: «Correspondance de P. Marin Mersenne». Publiée par M^{me} P. Tannery (1617—1627). 1932, v. 4, p. XIX—LV); R. Lenoir. Mersenne et la naissance du mécanisme. Paris, 1942.

* Мы не рассматриваем физико-механические работы Лейбница, Паскаля, Роберваля, Торричелли, Ферма, поскольку они подробно изложены в очерках, входящих в этот сборник.

** Oeuvres de Descartes, publiées par Charles. Adam et P. Tannery. Paris, 1897—1910.— Биография Декарта, написанная Ш. Адамом, содержится в 12 томе (последнем) указанного издания. Полная библиография работ о Декарте, аналогичная библиографиям о Паскале, Лейбнице, нам неизвестна.

*** Попытки отметить наиболее существенные работы о Декарте, вышедшие к концу XIX в., сделаны Ибервег-Гейнце.

Ламетри, Кабанис); материализм же и был антагонистом его метафизики (Гассенди, Гоббс).

В 1618—1629 г. Декартом были написаны «Физико-математические изыскания, философские фрагменты» (1618—1621) — условное название для отрывков из первых его произведений, ставших известными из дневников и рукописей Бекмана, Байэ, Лейбница; «Краткий курс музыкального искусства» (1618); «Трактат о механике» (1618) и «Правила для руководства ума» (1628—1629). В 1629—1636 гг. им были написаны: «Мир» (первоначальное название для «Трактата о свете»); «Трактат о человеке, описание человеческого тела» (1630—1633), «Рассуждение о методе и его приложения: Диоптрика, Метеоры, Геометрия» (1633—1636) — оно было издано в 1637 г. в Лейдене. В 1640—1641 гг. написаны и изданы в Париже «Размышления о началах философии...»; «Начала философии» изданы в 1644 г. в Амстердаме. Особое значение имела обширная переписка Декарта, в которой он более свободно, чем в книгах, высказывал свои антисхоластические взгляды.

Декарт, занявшийся актуальной в начале века теорией и практикой оптических инструментов, пришел к выводу, что наилучшей формой поверхности является гиперболическая. Им же был открыт закон преломления света. В своих оптических работах Декарт сочетал искусное использование опытов и наблюдения с глубокой математической трактовкой.

Значение математического творчества Декарта — родоначальника аналитической геометрии — Энгельс характеризовал такими словами «Поворотным пунктом в математике была Декартова переменная величина. Благодаря этому в математику вошли движение и диалектика и благодаря этому же стало немедленно необходимым дифференциальное и интегральное исчисление, зачатки которого вскоре были заложены и которые было в целом завершено, а не открыто Ньютоном и Лейбницем» *. Математическим исследованиям Декарта посвящена огромная литература. Франц Скаутен уже в 1649 г. составил примечания и пояснения, которые вместе с примечаниями других матема-

* К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. XIV, 1934, стр. 426—427.

тиков были опубликованы в издании «Геометрии» Декарта. В дальнейшем «Геометрия» подробно комментировалась и обсуждалась многими авторами.

В брошюре Б. Г. Кузнецова и И. Б. Погребысского «Французская наука и современная физика» (М., изд-во «Наука», 1967) выяснено, на основе новейших исследований, соотношение фундаментальной физической идеи Декарта и некоторых фундаментальных идей современной физики. В целом физика Декарта — наименее изученная часть его многогранного творчества.

Академии во Франции создавались по инициативе государственных деятелей, стремившихся унифицировать, науку, литературу и искусство.

Наряду с особенностями в развитии итальянской и французской физики необходимо отметить и особенность в организации обществ и академий. В Италии «Accademia del Cimento» носила характер свободного общества в узком смысле этого слова. Во Франции академия была организована сверху Ришелье — Кольбером, стремившимися к унификации науки и к контролю над ней. Французская академия наук и Лондонское королевское общество хотя и отличались характером своего возникновения и становления, в дальнейшем ставили перед собой почти идентичные задачи. В отличие от них итальянская академия опытов «уже к концу десятого года своего существования», в 1667 г., фактически прекратила свою деятельность. Мы не останавливаемся на деятельности обществ и академий в Германии, поскольку их вклад в физику и механику XVII в. был незначительный, а работы немецких физиков, опубликованные в «Acta eruditorum» с 1682 г., мало исследованы.

В 1634 г. Ришелье, стремясь взять под свой контроль развитие языка и литературы, организовал Французскую академию литературы и словесности. Французская академия, созданная по его инициативе, стремилась к унификации литературного языка и формированию классицизма как официального литературного стиля. Ко времени открытия академии нормы литературного языка разрабатывались наиболее активно Фавром де Вожла (1585—1650) и Гез де Бальзаком (1597—1654). Однако в области литературы и языка развитие происходило по весьма сложному пути, далекому от тех регламентаций, к которым стремился Ришелье.

В 1648 г. была создана Королевская академия живописи и скульптуры. В 1663 г. была организована Академия надписей и медалей. В 1666 г. Кольбер решил организовать Академию наук*.

К тому времени французская наука лишилась многих из своих выдающихся ученых. В 1650 г. вдали от родины умер Декарт. За три года до открытия академии сочинения Декарта были внесены Ватиканом в «Индекс запрещенных книг». В 1655 г. умер французский философ-материалист Пьер Гассенди. В 1662 г. трагически оборвалась жизнь Паскаля. В 1665 г. умер Пьер Ферма. Желая создать должный престиж академии, Кольбер пригласил во Францию Христиана Гюйгенса. Первоначально академия имела две секции: геометрии и физики. Первая секция охватывала точные науки, вторая — естественные. В работе первой секции участвовали Гюйгенс, математик Пьер Каркави, один из крупнейших астрономов XVII в. Жан Пикар, математик и механик Роберваль, астроном Озу, математик Френикль де Бесси, инженер Бюо. Многочисленные работы, особенно работы последнего времени, позволяют увидеть деятельность академии как целой системы.

Развитие науки в Англии XVII в. имеет много общих черт с развитием науки во Франции. Уже в 1600 г. вышла в свет книга Гильберта «De magnet...»**, в которой английский физик и придворный врач Елизаветы и Иакова I по-новому излагает результаты своих исследований. Гильберт не ограничивается голый констатацией фактов, но и не придумывает теорий, не связанных с фактами. Характерно, что Гильберт первым в Англии выступил в защиту учения Коперника. В 1651 г. сочинения Гильберта были изданы в Амстердаме.

* Fontenelle. Histoire de l'académie royale des Sciences t. I. Paris, 1733; Ch. Henry. Pierre de Carcavy, intermédiaire de Fermat, de Pascal et de Huygens, bibliothécaire de Colbert et du roi, directeur de l'Académie des Sciences. Bulletin Boncompagni, v. XVII. Rome, 1884, p. 317—391; H. Brown. Scientific Organizations in Seventeenth-century France. Baltimore, 1934; M. Ornstein. The rôle of scientific societies in the seventeenth century. 3^e éd., Chicago, 1938; F. A. Yates. The French Academies of the sixteenth century. London, 1947; R. Taton. Les origines de l'académie royale des sciences. Paris, 1965.

** В. Гильберт. О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле. М., Изд-во АН СССР, 1956.

В начале XVII в. Френсис Бэкон (1561—1626) — английский философ-материалист, родоначальник английского материализма — уделил особое внимание вопросам развития и организации науки. В 1605 г. он опубликовал трактат «*Advancement of learning*» («О преуспевании наук»), который был переиздан в 1623 г. под названием «*De dignitate et augmentis scientiarum*» («О достоинстве и приращении наук»). В 1620 г. вышел «Новый органон»*. Бэкон пропагандирует необходимость планомерно экспериментирования, базирующегося на определенных правилах. Согласно Бэкону, методически правильно поставленные эксперименты позволяют преодолеть представления и приемы схоластической науки. Несмотря на неверную оценку существенных черт новой науки (роли математики в естествознании, роли гелиоцентрической системы) Бэкон уловил материалистическую сущность новой науки и был ее ярким пропагандистом. Маркс писал: «...настоящий родоначальник английского материализма и всей современной экспериментирующей науки — это Бэкон. ...Наука есть опытная наука и состоит в применении рационального метода к чувственным данным. Индукция, анализ, сравнение, наблюдение, эксперимент суть главные условия рационального метода»**.

Работы Гильберта и Бэкона предшествовали созданию Королевского общества в той же мере, в какой во Франции созданию академии предшествовали работы Мерсенна, Декарта, Гассенди, Паскаля, Ферма.

Первые шаги по организации Королевского общества мало известны. По своему характеру они папоминают организацию «Академии опытов», но в дальнейшем Лондонское королевское общество приобрело много общих черт с Французской академией. Одним из основателей

* F. Bacon. The works, collected and edited by J. Spedding. v. 1—4, 1857—1874; R. W. Gibson. Francis Bacon. A Bibliography of his works and of Baconiana to the year 1750. Oxford, 1750; J. Spedding. The letters and the life of Francis Bacon. v. 1—7. London, 1861—1872; он же. An account of the life and times of F. Bacon, v. 1—2. Boston, 1878; W. Frost. Bacon und die Naturphilosophie. München, 1927; B. Farrington. S. Bacon philosopher of industrial science. New York, 1949.

** К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 2, стр. 142; см. также: Ф. Энгельс. Анти-Дюринг. М., 1948, стр. 21, 314; он же. Диалектика природы. М., 1955, стр. 26, 30, 226.

Лондонского королевского общества был математик Джон Валлис (1616—1703) *. Он писал, что в 1645 г., когда он жил в Лондоне, был знаком с рядом людей, пытливых в натурфилософии, как-то: Джон Вилкинс (позднее епископ Честерский), Самуэль Фостер, Глиссон, Джорд Энт, Теодор Хаук. Последнему пришло в голову начать собираться вместе. Встречи происходили на квартире Годдарда, а иногда Фостера — профессора астрономии в Грэшем-колледже. Предметом обсуждений были проблемы физики, геометрии, астрономии, навигации, статистики, химии и т. д. Ученые спорили о кровообращении, значении вен, лимфатической системы, о гипотезе Коперника, о природе комет и новых звезд, о спутниках Юпитера, очертании Сатурна, пятнах на Солнце, фазах Венеры и Меркурия, об усовершенствовании телескопов, об экспериментах Торричелли со ртутью, о вопросах живой природы **.

Около 1648 г. некоторые из ученых этой группы (Вилкинс, Годдард) были переведены в Оксфорд. Оставшиеся в Лондоне продолжали собираться, а оксфордцы стали собираться на квартире Вильяма Петти, основателя классической школы буржуазной политической экономии, а в дальнейшем — у Роберта Бойля.

Роберт Бойль (1627—1691) — английский химик и физик. В начале своей деятельности занимался по преимуществу религиозными и философскими вопросами. С 1654 г., переселившись в Оксфорд, стал заниматься экспериментальными и теоретическими исследованиями в области химии и физики. Бойль — один из организаторов Оксфордского научного общества («Невидимой коллегии») ***. Девиз Общества «Nillius in verba» («Ничего из

* J. Wallis. Opera mathematica, v. 1—3. Oxoniae, 1639—1699; *Mechanica*, p. 1—3. Londini, 1669—1671; *Arithmetica infinitorum*. Oxoniae, 1955.

** T. F. Sprat. *The History of the Royal Society...* Londres, 1667; T. Birch. *The History of the Royal Society*, 4 vol. Londres, 1756; R. C. Weld. *A History of the Royal Society*. Londres, 1848, 2 vol.; M. Ornstein. *The role of scientific societies in the seventeenth century*. Ed. 2. Chicago, 1928; R. K. Merton. *Science, technic and society in seventeenth century*. «Osiris», 4, 1938; H. G. Lyons. *The Royal Society (1660—1940)*. Cambridge, 1944; D. Stimson. *Scientists and Amateurs*. «A History of the Royal Society». New York, 1948.

*** R. Boyle. *The works, epitomiz'd by Boulton*, v. 1—3. London, 1699—1700; *The works*, ed. by Thomas Birch, v. 1—6. London, 1772; L. T. More. *The life and works of the honourable Robert Boyle*. N. Y., 1944; *Robert Boyle's experiments in pneumatics*, et. by I. B. Conant. Cambridge, 1950.

слов») был направлен против схоластики, господствовавшей в университетах. 28 ноября 1660 г. двенадцать наиболее активных сторонников создания научного общества собрались у Лоуренса Рука (1622—1662) — профессора геометрии. Это были: лорд Уильям Баункер (1620—1684), Р. Бойль, А. Брос (1629—1681), Роберт Муррей (1608—1673), Пауль Найл (1613—1686), Джон Вилкинс (1611—1672), Джонатан Годдорд (1617—1675), Петта, Вильям Валль (1627—1690), Кристофор Рен (1632—1723), Абрахам Хилл (1635—1722) *.

Было решено сделать эти собрания регулярными для обсуждения научных проблем. Из 35 членов, ставших в дальнейшем членами Общества, 19 были учеными и 16 государственными деятелями, антикварами и т. д. 6 марта 1661 г. Роберт Мэррэй, роялист, эмигрант, активный участник реставрации, был избран президентом общества. После признания Общества королем возникла необходимость в отчетах. Датой основания Королевского общества считают 15 июля 1662 г. — день «дарования» королевской хартии. С марта 1665 г. Ольденбург стал издавать научный журнал Общества «Philosophical Transactions». В первом номере, в частности, были напечатаны: отчет об усовершенствовании оптических стекол в Риме; термометрические исследования, о наблюдениях, сделанных в Англии над пятном Юпитера. Преемником Ольденбурга, после его смерти в 1667 г., стал Роберт Гук. С 1668 по 1682 г. журнал выходил под названием: «Philosophical Collections», а с 1683 г. ему было возвращено старое название.

70-е и последующие годы были крайне тяжелыми для Общества. Число ученых членов Общества составляло лишь четверть общего числа членов, а в конце столетия оно составило одну треть.

Успехи науки XVII в. в области механики, математики и физики во многом связаны с именем Исаака Ньютона.

Исаак Ньютон родился 25 декабря 1642 г. — в год начала гражданской войны в Англии **. В 1661 г. Ньютон поступил в Тринити-колледж Кембриджского университе-

* См. в кн.: Н. Hartley. The Royal Society. London, 1960.

** G. I. Gray. A bibliography of the works of Sir Isaac Newton together with a list of books illustrating his works. Ed. 2. Cambridge, 1907; D. Brewster. Memoirs of the life, writings and discoveries of

та. В 1665 г. окончил университет, получив степень бакалавра. Наука нового времени тогда еще не проникла в Кембридж, но учитель Ньютона, Иссак Барроу (1630—1677) *, владел многими идеями дифференциального и интегрального исчисления, был выдающимся переводчиком Архимеда, Евклида, Апполония и знатоком оптики. Влияние Барроу на Ньютона стало предметом пристального внимания историков науки.

Свои оптические исследования Ньютон начал в 1666 г. Они вызваны стремлением устранить недостатки оптических приборов. Обнаружив дисперсию света, Ньютон считал хроматическую aberrацию в телескопах неустранимой и в 1668—1671 гг. сконструировал два отражательных телескопа.

XVII век в истории оптики ознаменован рядом крупнейших открытий: конечности скорости света (Рёмер), интерференции и дифракции (Марци, Гримальди, Бойль, Гук), двойного преломления (Бартолини), поляризации (Гюйгенс). Работы Ньютона по оптике (1672, 1675, 1687) открывали собой новую эру в ее развитии. Заслуга Ньютона в том, что он по-новому поставил опыты с призмами, сопоставил цветам объективный показатель — показатель преломляемости.

Однако лишь на основе изучения переписки Ньютона стало возможным по-новому показать всю хронологию его оптических работ и более основательно решать вопрос о роли оптических исследований Ньютона в его творчестве в целом.

В 1965 г. была опубликована рукопись, в которой описано, по-видимому, первое систематическое исследование колец, называемых Ньютоновыми. Рукопись еще раз свидетельствует об исключительном мастерстве Ньютона как экспериментатора. Интересно, отметить, что Ньютон на

Sir Isaac Newton. Edinburgh, v. 1—2. Ed. 2, 1860; F. Rosenberger. Isaac Newton und seine physikalischen Prinzipien. Leipzig, 1895; L. T. More. Isaac Newton. A biography. 1934; С. И. Вавилов. Исаак Ньютон, 2 изд. М., Изд-во АН СССР, 1961; J. Herivel. The background to Newton's «Principia». A study of Newton's dynamical researches in the years 1664—1684. Oxford, 1965—1966.

* J. Barrow. Lectiones Opticae et Geometriae. London, 1674; J. M. Child. The geometrical lecturus of Isaak Barrow. Chicago—London, 1916; P. H. Osmond. Isaak Barrow, his life and times. London, 1944.

деялся, что исследования с кольцами подтвердят корпускулярную теорию света*.

В последние годы появилось большое количество серьезных исследований, посвященных работам Ньютона по механике.

Многие исследователи (Уэвелл и др.) считали, что Ньютон совершил ошибку, предполагая сохранение количества движения, а не момента количества движения при рассмотрении вопроса о предварении равноденствий. Херивел** привел наличие у Ньютона правильного решения задачи о соударении двух вращающихся тел в рукописи «Законы движения», написанной задолго до «Математических начал натуральной философии». На основании рукописей стремятся осветить ряд других спорных вопросов механики и физики Ньютона. Споры имели место и по вопросу о дате написания Ньютоном рукописи «On Motion in Ellipses» и по вопросу о причинах, вследствие которых Ньютон задержал провозглашение закона тяготения***.

Своеобразными были пути развития науки в Голландии, где в конце XVI в. буржуазия одержала свою раннюю победу над феодализмом. В результате упорной борьбы страна стала играть ведущую роль в мировой торговле. Торговый флот Голландии в середине XVII в. почти вдвое превосходил флоты Англии и Франции вместе взятых. На основании старинных морских промыслов и ко-

* R. S. Westfall. Newton and his critics on the nature of colors. «Arch. internat. histoire sci.», 1962, 15, № 58—59, p. 47—58; «The development of Newton's theory of color». «Isis», 1962, 53, № 3, p. 339—358; «Newton's reply to Hooke and the theory of colors». «Isis», 1963, 54, № 1, p. 82—96; E. Sparberg. Misinterpretation of theories of light. «Amer. J. Phys.», 1966, 34, № 5, p. 377—389; D'Agostino. Il contributo di Newton allo sviluppo dell'ottica. «Giorn. fis. Soc. ital. fis.», 1965, 6, № 3, p. 188—196.

** J. W. Herivel. Newton's discovery of the law of centrifugal force. «Isis», 1960, 51, p. 546—553; «Newton on rotating bodies». «Isis», 1962, 53, № 2, p. 212—218; «Newtonian studies», p. IV. «Arch. internat. histoire sci.», 1963, 16, № 62, p. 13—22; A. R. Hall, M. B. Hall. Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton. A selection from the Ports mouth Collection in the University Library. Cambridge, 1962; J. H. Hooke versus Newton. An analysis of the documents in the case on free fall and planetary motion. Centaurus, 1960, 7, p. 6—52.

*** A. Rupert, H. M. Boas. The date of «On Motion in Ellipses». «Arch. internat. histoire sci.», 1963, 16, № 62, p. 23—28.

раблестроения усиленно развивались различные отрасли производства. Судостроительная промышленность приобрела международное значение. Сильное развитие получила суконная промышленность. Амстердамский банк превратился в финансовый центр мира. Мануфактурное производство, мореплавание, судостроительная техника не могли развиваться без стремительного развития науки, опытное естествознание не могло базироваться на схоластической философии, мировоззрение неизбежно должно было становиться рационалистическим, но формы рационалистического мышления проявлялись в каждой стране со своими особенностями. Учение голландского философа Спинозы (1632—1677) о субстанции, атрибутах и модусах, признание мышления и протяженности существенными свойствами единой субстанции (*causa sui*) — природы, рассмотрение природы как причины самой себя и причины существования и сущности всех вещей было чем-то совершенно новым для философской мысли XVII в. Энгельс писал: «Нужно признать величайшей заслугой тогдашней философии, что, несмотря на ограниченное состояние современных ей естественнонаучных знаний, она не сбилась с толку, что она, начиная от Спинозы и кончая великими французскими материалистами, настойчиво пыталась объяснить мир из него самого, предоставив детальное оправдание этого естествознанию будущего»*. В XVII в. было велико стремление превратить математический метод во всеобщий метод научного познания. Мыслители мечтали об универсальной математике. Гуго Гроций (1583—1645) — голландский юрист, социолог и государственный деятель, один из основателей буржуазного учения о естественном праве — часто употреблял механические аналогии.

Мировое значение приобрели работы Христиана Гюйгенса (1629—1695)**. Его первые трактаты посвящены

* Ф. Энгельс. Дialeктика природы. М., 1955, стр. 7.

** Ч. В. Раман. Христиан Гюйгенс и волновая теория света. «Тр. Ин-та истории естествознания и техники АН СССР». М., 1960, т. 34, стр. 64—72; У. И. Франкфурт, А. М. Френк. Христиан Гюйгенс. М., Изд-во АН СССР, 1962, стр. 321—326 (библиография); В. Ронки. Влияние оптики XVII в. на общее развитие науки и философии. В сб. «Вопросы истории естествозн. и техн.», вып. 16, М., Изд-во «Наука», 1964, стр. 99—107; W. Gerlach. Zur Frühgeschichte der Physik des Lichts. «Nova acta Leopold», 1965, 30, № 173,

определению величины окружности, исследованию циклоиды, логарифмической и цепной линии. В 1657 г. он провел одно из первых исследований в области теории вероятностей. С помощью сделанного им самим объектива Гюйгенс 25 марта 1655 г. открыл спутник планеты Сатурн.

Достижения Гюйгенса в области механики с предельной четкостью охарактеризовал К. К. Баумгарт: «Основные задачи динамики были решены им. Гюйгенс закончил рассмотрение законов падения тел, как свободного, так и вдоль наклонных линий, и дополнил их исследованием о таутохроне (вторая часть «Маятниковых часов»). Он нашел законы движения математического и физического маятников, разобрал вопрос о соударении упругих тел и вопрос о центробежной силе. Он положил начало механике твердого тела; при решении вопроса о законах движения физического маятника он впервые, хотя и не совсем отчетливо, пользуется понятием о моменте инерции. В мемуарах о движении тел под влиянием удара и о центробежной силе Гюйгенс дал замечательные примеры пользования принципом относительности движения»*. Вопрос о нахождении центра качания физического маятника на основании принципа, согласно которому у системы материальных точек, связанных или свободных, движущихся под влиянием тяжести, центр тяжести не может подняться выше своего первоначального положения, вызвал оживленную полемику. Эта полемика недостаточно полно анализирована в историко-физической и историко-механической литературе. Проблема гравитации у Гюйгенса также не исследовалась до сих пор достаточно серьезно.

К одному из наименее исследованных вопросов принадлежит физика XVII в. в Германии, хотя именно в Германии вышли наиболее полные курсы истории физики.

р. 47—56; A. I. S a b r a. Theories of light from Descartes to Newton. 1967.

* К. К. Баумгарт. Работы Христиана Гюйгенса по механике. В кн.: Х. Гюйгенс. Три мемуара по механике. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 294.

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

- Абельяр П. 306
 Августин 289
 Авэ 322
 Агукки Д. Б. 22
 Адам Ш. 334
 Адамс 65
 Айтон Э. Д. (Aiton E.) 35, 60, 153
 Александр VII 283
 Амонтон 167, 213
 Анна 284, 293
 Анри Ш. 174
 Аполлоний 174, 178, 182, 190,
 195, 197, 341
 Ариосто Л. 13, 19, 23, 24, 31, 32
 Аристарх Самосский 241, 242
 Аристотель 20, 26, 51, 89, 125,
 129, 138, 140, 211, 214, 217,
 220, 225, 233, 236, 304, 324, 328
 Арно Анжелика 317
 Арно Ангуан (1612—1694) 283,
 284, 287, 317, 321, 324
 Архимед 41, 71, 178, 188, 195
 197, 230, 231, 241, 253, 262,
 266, 269, 270, 272, 315, 316,
 341
 Арчимбольдо Д. 21, 23, 25, 30,
 32
 Аутред В. 165

 Байэ 335
 Бальзак Гез де (1597—1654) 336
 Бальзак О. 287, 317
 Банденели Б. 24
 Барроу И. (Barrow I., 1630—
 1677) 66, 70, 89, 95, 113, 119,
 190, 315, 341
 Бартолини 341
 Барголотти А. 219
 Батлер С. 19
 Баумгарт К. К. 344
 Баше см. Мезернак Б. де
 Бейль П. (1647—1706) 323
 Бей Т. 163

 Бекман 60, 335
 Белаваль И. (Belaval I.) 127, 128
 Бенини Д. (Benini D.) 205
 Бентлей 91
 Бернал Д. 272, 273
 Бернет Т. (Burnet T.) 74, 75
 Бернини 21
 Бернулли братья 11, 147, 151,
 208
 Бернулли Д. (Bernoulli D.,
 1700—1782) 156, 210, 272
 Бернулли И. (1667—1748) 59,
 63, 209
 Бернулли Я. (1654—1705) 151,
 239, 280
 Бернье 328
 Берти Г. 210, 211
 Бесси Ф. де (Bessy F. de, 1600—
 1675) 40, 41, 185, 251, 337
 Бехер И. 302
 Бине Ж. Ф. 262
 Боголюбов А. Н. 10, 12
 Бойль Р. (Boyle R., 1627—
 1691) 91, 132, 272, 273, 339,
 341, 341
 Борелли Д. А. (1608—1709) 132,
 333
 Боссю 321
 Боссюэ Ж. Б. (1627—1704) 295,
 296, 323
 Браге Т. де (Brahe Tycho, 1546—
 1601) 131, 197
 Браункер Л. (1620—1684) 107,
 119, 340
 Бригг Г. 165
 Бройль Л. де 195
 Бронзино А. 23
 Брос А. (1629—1681) 340
 Бруно Д. (1548—1600) 128, 326,
 332
 Брустер Д. (Brewster D.) 94,
 95, 97, 98, 340
 Буало Н. (1636—1711) 291, 328

- Бузенбаум 290
 Буйе Ж. (Bouiller J.) 57, 58, 63
 Буйо И. (Boulliau I., 1605—1694) 218
 Бурдалу Л. 296, 323
 Бурзенец 283
 Буркгарт Я. 18
 Бэкон Ф. (Bacon F., 1561—1626) 60, 304, 338
 Бюо 41, 251, 337
- Вавилов С. И. 341
 Вагнер 144
 Вазари Г. 22, 23
 Валленштейн А. 250
 Валлис Д. (Wallis J., 1616—1703) 132, 192, 312, 339
 Валь В. (1627—1690) 340
 Ванини 332
 Вардю Ф. (Verdu F.) 235, 236
 Вариньон П. (1654—1722) 151, 153
 Вельфлин Г. 21
 Вестфал Р. С. (Westfall R. S.) 100, 342
 Вивiani В. (Viviani V., 1622—1692) 196, 198, 199, 210, 225, 235, 331, 333
 Виет Ф. (Vieta F., 1540—1603) 177, 234, 316
 Виймо (Villemot) 57
 Виргилий 217
 Витрувий 217
 Вилейтнер Г. 223, 314, 316
 Вилкинс Д. (1611—1672) 339, 340
 Винчи Л. да (1452—1519) 9, 15, 16, 21, 27—29
 Винчи П. да 28
 Вистон 73
 Витт И. де (Witt I. de, 1625—1672) 280
 Вобан С. 10
 Вожла К. Ф. де (1585—1650) 336
 Вольтер (Voltaire, 1694—1778) 295, 322, 323
- Гадрюа К. (Gadroys) 49, 62
 Галилей Г. (Galilei G., 1564—1642) 7—11, 13—18, 20, 22—34, 39, 41, 60—62, 68, 70, 72, 73, 123, 128, 132, 138, 147, 150, 153, 154, 156, 168—170, 173, 194—199, 205—207, 210, 212, 213, 215, 217, 218, 225, 237, 242—244, 247, 249, 252, 269, 270, 272, 329—334
 Галлей Э. (Halley E., 1656—1742) 65, 77, 78, 84—86, 88, 96, 97, 269, 280
 Гарвей В. (1578—1657) 60
 Гассенди П. (Gassendi P., 1592—1655) 40, 129, 132, 192, 248, 249, 335, 337, 338
 Гельмонт 132
 Гент В. (Gent W.) 140
 Герике О. фон (Guericke O. von, 1602—1686) 272
 Германн Я. 239
 Герон Александрийский 161, 264
 Герхардт И. Г. 127, 136, 149, 152
 Герье В. 328
 Гильберт В. (Gilbert W., 1540—1603) 9, 35, 36, 59, 60, 245, 337, 338
 Гипатия (Ипатия) 174
 Глешер 65
 Глиссон 339
 Гоббс Т. (Hobbes T., 1588—1679) 132, 133, 248, 251, 332, 335
 Годдорд Д. (1617—1675) 339, 340
 Гольбейн Г. 19, 20
 Гораций 217
 Гравезанд В. И. (1688—1742) 312
 Грегори Давид 100
 Грегори Джеймс (Gregory James) 106, 119
 Гримальди Ф. М. (1618—1663) 341
 Гроций Г. (1583—1645) 343
 Гук Р. (Hooke R., 1635—1703) 11, 33, 66, 68, 76, 78—81, 84, 86, 88, 95, 96, 100, 104—108, 110—115, 117, 119, 120, 132, 155, 217, 273, 340—342
 Гульдйн 218
 Гюйгенс Х. (Huygens C., 1629—1695) 9, 10, 26, 38—52, 54, 60—63, 68—72, 74, 80, 91, 97, 99, 119, 123, 132, 135, 136, 142, 143, 147, 148, 150, 156, 157, 162, 164, 167, 169, 173, 176, 192, 194, 215, 225, 239, 240, 251, 252, 262, 273,

279, 280, 312, 313, 319, 320,
324, 334, 337, 341, 343, 344
Гюнтер Э. 165

Даламбер Ж. Л. (1717—1783)
178, 315

Даниэль 294

Дезарг Г. (Desargnes G., 1591—
1662) 258, 259, 273, 324

Декарт Р. (Descartes R., 1596—
1650) 7, 9, 10, 35—42, 44, 46,
47, 49, 51, 52, 54, 55, 57—61,
63, 72, 92, 95, 124—126, 128,
129, 132—135, 138, 140, 142,
146—148, 150, 156—159, 165,
166, 169, 171—173, 176, 179—
183, 185, 190, 192—194, 215,
223, 225, 228, 234, 237, 239—
248, 250—252, 254, 258, 259,
263, 264, 268, 280, 304, 318,
323, 324, 332, 334—338, 344

Деламейн Р. 165

Демокрит 125, 129

Диана А. 292

Дидро Д. (1713—1784) 262

Диофант 179, 183, 184, 186

Дирихле Л. 184

Долгов А. Н. 237

Доменикино 21, 23

Дрэйк С. 32, 34

Дюамель (Duhamel) 40, 230

Дюга Р. (Dugas R.) 61, 124

Дюилье Ф. де (Duilié F. de,
1664—1753) 85, 97

Евклид 6, 190, 195, 341

Зубов В. П. 210, 211, 243

Ибервег-Гейнце 334

Инголи Ф. (1578—1649) 330

Иннокентий X. 283

Кабанис 335

Кавальери Б. (Cavalieri B.,
1598 (?) — 1638) 33, 132, 176,
186, 189, 196, 198—202, 204,
209, 215, 218, 221—224, 249,
250, 252, 314, 334

Кампанелла Т. (1568—1629) 332

Кант И. 304

Караваджо М. 21

Карачи А. 22

Карачи братья 21, 23

Кардано Д. 163, 332

Каркави П. (Carcavy P., 1603—
1684) 176, 191, 205, 251, 268,
312, 337

Картезий см. Декарт

Кассегрен 106, 112

Кассини Д. Д. (1625—1712)
333

Кастелли Б. 195—197, 199

Катулл 217

Кеджори Ф. (Cajori F.) 72, 95
Кемпе 166

Кениг С. 149

Кеплер И. (Kepler I., 1571—
1630) 9, 25, 26, 28—31, 33—35,
39, 40, 55, 58, 60, 61, 74, 77,
80, 83, 152, 182, 189, 190, 197,
200, 202, 205, 215, 245, 247,
250, 252, 261, 330

Кирхер 132

Кларк С. 98, 99, 122, 139—143,
145, 146, 148

Клеро А. (1713—1765) 208

Кнезер А. (Kneser A.) 149

Койре А. (Koyré A.) 27, 29, 30,
33, 60, 94, 98, 272, 314

Коллинз Д. 74, 104—106, 113,
119, 121

Кольбер Ж. Б. (1619—1683)
8, 251, 252, 324, 336, 337

Кондорсе Ж. А. де (1743—1794)
322

Коперник Н. (1473—1543) 5, 7,
25, 39, 41, 94, 131, 152, 197,
241, 330 — 332, 337, 339

Корнель П. (1606—1684) 256

Корреджо 28

Костабель П. (Costabel P.) 134

Костер 164

Крылов А. Н. 98

Кузен В. (Cousin V.) 60, 322

Кузнецов Б. Г. 62, 148, 326,
329, 336

Куммер 184

Курье П. Л. 318, 323

Кутюр Л. (Couturat L.) 136

Лабрюйер Ж. (1645—1696) 323

Лагир де (Lahire de, 1640—1718)
167, 234, 252

Лагранж Ж. Л. (1736—1813)
179, 190, 210, 240

Лаловер см. Лалубер

Лалубер А. де (La Loubère A.
de, 1600—1664) 176, 192, 313

- Ламе 184
 Ламетри 335
 Ламонтр 51
 Ланжевен П. 325
 Лаплас П. С. (1749—1827) 59, 63
 Лейбниц Г. В. (Leibniz G. W., 1646—1716) 8, 11, 81, 98, 99, 123—157, 164, 165, 173, 179, 188, 191, 202, 205, 259, 262, 276, 314, 315, 320, 321, 328, 334, 335
 Лейпольд 171
 Ленин В. И. 125, 126, 171
 Леонардо см. Винчи Л. да
 Ле-Пальер 265, 267
 Лепети 286
 Леруа Г. 44, 334
 Лесаж Р. 7
 Лианкур 283
 Лойола И. 295
 Ломоносов М. В. (1711—1765) 126
 Лопиталь Г. (1661—1704) 151
 Лукреций 217
 Лурье С. Я. 218
 Людовик XIII (1601—1643) 291
 Людовик XIV (1638—1715) 251, 284

 Маджиотти Р. 196, 210, 211, 218
 Мальбранш Н. (Malebranche N., 1638—1715) 9, 55, 57—59, 63, 134, 135, 146
 Мариотт Э. (Mariotte E., 1620—1684) 40, 41, 44, 53, 154, 155, 214, 251, 273
 Марк Аврелий 298
 Марк К. 126, 158—162, 170, 334, 335, 338
 Марци М. 341
 Мах Э. 124, 210, 273
 Медичи К. 8
 Мезириак Б. де 183, 186
 Ментенон де 323
 Мере де 276, 278, 279
 Мерсенн М. (Mersenne M., 1588—1648) 7, 8, 18, 38, 40, 176, 183, 186, 192, 211, 216, 219—221, 224, 228, 232, 233, 236, 239, 240, 251, 259, 263, 268, 311, 324, 332, 333, 334, 338
 Месмель 320
 Метерлинк М. 311
 Мидорж К. (Mydorge C., 1585—1647) 230

 Микельанджело 28
 Мишо 322
 Молина Л. 287, 289, 292, 295
 Мольер (1622—1673) 7, 323
 Монтень М. (1533—1592) 280, 295, 297, 301, 309, 310
 Монтюкла Ж. Э. 182
 Мопертюи П. М. (1698—1759) 149
 Мор Г. 89, 90, 92, 97, 127
 Муррей Р. (Murray R., 1608—1673) 105, 340
 Мушенбрек П. (1692—1761) 333

 Найл П. (1613—1686) 340
 Непер Д. (1550—1617) 165
 Низар 323
 Николь П. (1625—1695) 285, 294, 297, 317, 321, 324
 Ницше Ф. 323
 Ноэль Э. 265
 Ньютон И. (Newton I., 1642—1727) 5, 11, 38, 50, 54, 57—59, 61, 62, 64—99, 100—115, 117—123, 139, 140, 142—146, 149—151, 156, 157, 165, 167, 169, 170, 173, 188, 191, 205, 215, 217, 247, 248, 279, 315, 335, 340, 341, 344

 Овидий 217
 Озу А. (1630—1691) 251, 337
 Ольденбург Г. (1615 (?)—1677) 76, 95, 96, 103—106, 108, 111, 113, 114, 119, 121, 340
 Ольшки Л. 33, 326, 330, 331

 Паннини Д. П. 24
 Папен Д. (1647—1714) 170, 273
 Папш (Паппус) 174, 178, 190, 218
 Парацельс 132
 Пардис 100, 105, 106, 111, 112, 119
 Пармиджаннино 24, 25
 Паскаль Б. (Pascal B., 1623—1662) 7, 10, 11, 40, 164, 173, 176, 191, 192, 200, 202, 211, 212, 223, 225, 227, 235, 236, 239, 248, 249, 252, 253, 255—289, 292—325, 330, 334, 338
 Паскаль Жаклина (1625—1661) 255, 256, 281, 317, 320
 Паскаль Э. (1588—1651) 176,

- 251, 255—257, 259, 260, 267, 274, 280, 281
- Пачиоли Л. 195
- Пембертон 73
- Перро К. (1613—1688) 40, 41, 44—46, 62
- Персонн Ж. см. Роберваль
- Перудзи Б. 28
- Перье (Паскаль) Жильберта (1620—1687) 255, 256, 260, 273, 274, 311, 312, 319, 321, 322
- Перье М. 274
- Перье семейство 315, 321
- Перье Ф. (1605—1672) 260, 263, 264, 266—267, 286, 324
- Перье Э. 320—322
- Петр I 8, 10
- Петроний 217
- Петта 340
- Пиаже Ж. 323
- Пикар Ж. (1620—1682) 87, 251, 252, 337
- Пий IV 25
- Пий VII 318
- Платон 26, 36, 39, 41, 61, 89, 125, 129, 217
- Плиний 217
- Погребынский И. Б. 11, 332, 336
- Полиен 175
- Порта Г. де ла 28
- Прива де Мольер Ж. 58
- Прокопович Ф. 8
- Проперций 217
- Пти П. 263
- Птолемей К. 197, 331
- Пуссен Н. 21
- Пушкин А. С. 126
- Рабле Ф. 7
- Раймунд Сабундский (Себундский) 32
- Раман Ч. В. 343
- Рамус П. 220
- Расин Ж. (1639—1699) 295, 328
- Рафаэль 21—23, 25
- Региомонтан 197
- Региус см. Леруа
- Режи П. С. (Régis P. S.) 49, 50, 60, 62
- Рейхенбах Г. (Reichenbach H.) 143
- Ремер О. (Römer O., 1644—1710) 167
- Рен К. (Wren C., 1632—1723) 84, 96, 132, 225, 312, 340
- Ренар Ж. 323
- Репиери В. 218
- Рец (Retz; de Gondi, 1613—1679) 323
- Риччи М. 196, 200, 209, 211, 212, 243, 266
- Рише (Richer) 50
- Ришелье (1585—1642) 324, 336
- Роан А. Г. де 275, 311—313, 319, 321
- Роберваль (Жиль Персонн; Roberval, 1602—1675) 7, 9, 10, 40, 41, 44, 61, 146, 173, 175, 176, 185, 186, 192, 200, 205, 218, 219—254, 263, 264, 268, 276, 312, 313, 334, 337
- Рого (Rohault) 47—49, 62
- Розенбергер Ф. 341
- Розенфельд Л. (Rosenfeld L.) 64, 67, 98, 99, 145
- Ронки В. (Ronchi V.) 215—217, 343
- Рудольф II 30, 32
- Рук Л. 340
- Сакки 21
- Сальвиати Ф. 23
- Салюсбери 72
- Саси де 297, 317
- Свифт Д. 319
- Севиные де 323
- Сенека 217
- Сент-Бев Ш. О. 286
- Сент-Эвримон Ш. (1613—1703) 323
- Серенаи Л. 216
- Симпсон 205
- Синезиас 174
- Сици Ф. 330
- Скаутен Ф. ван (Scooten F. van, 1615—1660) 250, 335
- Слюз 312
- Сократ 287
- Сорен Ж. (Saurin J., 1659—1737) 9, 51—54, 59, 63
- Спиноза Б. (1632—1677) 126, 215, 343
- Стевин С. (Stevin S., 1548—1620) 237, 270, 272
- Стендаль 323
- Стукелей В. (Stukeley W.) 66, 98

- Таке А. 205
 Таннери П. 174, 334
 Тассо Т. 13, 19, 23—25, 30
 Татон Р. 337
 Тацит 217
 Телезио 332
 Тибулл 217
 Тит Ливий 217
 Тициан 21
 Томсон В. (Thomson W.) 94, 98
 Торричелли Г. 195
 Торричелли Д. 195
 Торричелли Э. (Torricelli E., 1608—1647) 7, 10, 132, 173, 176, 188, 195—221, 224, 225, 231, 235, 236, 243—245, 249, 252, 263—266, 269, 313, 331, 333, 334, 339
 Тосканский герцог см. Фердинанд II Медичи
 Трусделл К. (Trusdell C.) 156
 Тэт П. (Tait P. C.) 94, 98

 Уайтсайд Д. Т. (Whiteside D. T.) 67
 Уард С. 103
 Урбан VIII 196
 Уэвел 342

 Фабри О. (Fabri H., 1606—1688) 132, 215, 239, 333
 Фаваро А. (Favaro A.) 33, 333
 Фальконетто Д. М. 28
 Фарадей М. 250
 Фейербах Л. 125, 126
 Феодосий 197
 Фердинанд II Медичи 199, 216
 Ферма Д. 173
 Ферма^{III} П. (Fermat P., 1601—1665) 7, 10, 149, 173—195, 200, 220, 221, 225, 228, 232, 234, 252—254, 276, 279, 311, 316, 324, 334, 337, 338
 Ферма С. 176
 Филипп Красивый 175
 Флемстид Д. (Flamsteed J., 1646—1719) 81—83, 96, 105, 119
 Фома Аквинский 132, 289
 Фома Кемпийский 289, 318
 Фонтен 297
 Фонтенель (1657—1757) 61, 130, 146, 147, 337
 Фостер С. 339

 Фракасторо 332
 Франкфурт У. И. 12, 148, 343
 Френикль см. Бесси Ф. де
 Френк А. М. 343
 Фридрих II 126

 Хайям Омар 278
 Хаук Т. 339
 Херивел (Herivel) 72, 95—97, 341, 342
 Хилл А. (1635—1722) 340
 Холл А. Р. (Hall A. R.) 62, 119, 121, 122, 342

 Цейтен Г. Г. 178, 230, 252
 Цендрини Б. (Zendrini B., 1679—1744) 155
 Цицерон 217

 Чези Ф. 33
 Чиаполи Д. 198
 Чиголи Л. 14, 22, 23, 31

 Шамбр де ла 181, 192, 193, 195
 Шаррон П. 280
 Шастен 267
 Шейнер 197
 Шиккард В. 164, 165, 260
 Шредингер Э. 195

 Эбергардс И. П. (Eberhards J.P.) 160, 161
 Эделинк 320
 Эйлер Л. (1707—1783) 167, 184, 186, 239
 Энгельс Ф. 158, 315, 326, 335, 338, 343
 Энт Д. 339
 Эпиктет 280, 297, 298, 318
 Эразм Роттердамский 295
 Эригон 181, 192
 Эскобар А. 285, 290, 292
 Эйнштейн А. 157, 323, 324

 Юлий II 28
 Юм Д. 304
 Юнгий 132
 Юшкевич А. П. 159, 179, 314
 Юшкевич П. С. 125

 Яммер М. (Jammer M.) 144
 Янсений К. (1585—1638) 281, 283, 287

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА (А. Н. Боголюбов)	5
--	---

I

Э. Панофский.

ГАЛИЛЕЙ: НАУКА И ИСКУССТВО (эстетические взгляды и научная мысль).

Перевод с английского И. Б. Погребысского 13

Э. Дж. Айтон.

КАРТЕЗИАНСКАЯ ТЕОРИЯ ТЯЖЕСТИ.

Перевод с английского Л. С. Фреймана 35

Л. Розенфельд.

НЬЮТОН И ЗАКОН ТЯГОТЕНИЯ.

Перевод с английского И. Б. Погребысского 64

Р. С. Вестфал.

ОТВЕТ НЬЮТОНА ГУКУ И ТЕОРИЯ ЦВЕТОВ.

Перевод с английского А. М. Френка 100

И. Б. Погребысский.

ЛЕЙБНИЦ И КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА 123

А. Н. Боголюбов.

МЕХАНИКА И МАШИНЫ 158

II

Л. С. Фрейман.

ФЕРМА, ТОРРИЧЕЛЛИ, РОБЕРВАЛЬ

ПЬЕР ФЕРМА 173

ЭВАНДЖЕЛИСТА ТОРРИЧЕЛЛИ 195

РОБЕРВАЛЬ 219

Е. М. Кляус.

БЛЕЗ ПАСКАЛЬ 255

Э. Б. Модина, У. И. Франкфурт.

ИЗ ИСТОРИИ НАУЧНОЙ МЫСЛИ XVII ВЕКА 328

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН 345

У истоков классической науки
(Сборник статей)

*Утверждено к печати редколлегией
научно-популярной литературы
Академии наук СССР*

Редактор *В. А. Никифоровский*
Художник *А. П. Валюс*
Технический редактор *Л. И. Куприянова*

Сдано в набор 22/V 1968 г. Подписано к печати 30/IX 1968 г.

Формат 84×108^{1/32}. Бумага № 2. Усл. печ. л. 18,48.

Уч.-изд. л. 18,8. Тираж 23 000. Т-13055. Тип. зак. 701

Ц е н а 1 р. 13 к.

Издательство «Наука»
Москва К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография издательства «Наука».
Москва Г 99, Шубинский пер., 10

1 р. 13 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО · НАУКА ·