

# Grigoryan, Ashot T. / Kuznetsov, Boris G.

---

## К двухсотпятидесятилетию со дня смерти Ньютона 1727-1977

---

Organon 14, 263-274

---

1978

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



А. Т. Григорьян, Б. Г. Кузнецов (СССР)

## К ДВУХСОТПЯТИДЕСЯТИЛЕТИЮ СО ДНЯ СМЕРТИ НЬЮТОНА\* 1727—1977

### 1. УВЕРТЮРА КЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ

Годовщина смерти мыслителя обычно бывает поводом для итоговой характеристики закончившегося творческого пути ученого, для ответа на вопрос: что дал мыслитель науке всей своей жизнью. Но оборвавшаяся жизнь не прекращает эволюции научных идей. Они продолжают жить, они развиваются, и годовщина смерти мыслителя становится поводом для оценки дальнейшего развития его творческих стремлений. В данном случае речь идет о мыслителе, творчество которого оказало определяющее влияние на всю идейную эволюцию человечества в течение двух с половиной веков и о веках, несопоставимой с прошлым интенсивности научного прогресса. Непосредственным импульсом для развития науки в целом, подлинным началом непрерывного развития классических представлений о мире были основные законы механики, изложенные в *Математических началах натуральной философии* Ньютона, открытый им закон всемирного тяготения, оптика Ньютона и „метод флюксий” — исходная идея исчисления бесконечно малых.

Законы механики, идея тяготения, оптические концепции, дифференциальное и интегральное исчисления имели довольно долгую предысторию. В исторической перспективе труды Галилея, Кеплера, Декарта и Гюйгенса представляются увертюрой классической науки. Мысль Галилея о движении предоставленного себе тела и найденные им законы падения тел; прямолинейное и равномерное движение, о котором говорил Декарт; законы движения планет, сформулированные Кеплером; учение Гюйгенса о свете; идеи великих математиков XVII в. — напоминают увертюру, которой начинается

---

\* В эту статью частично вошли отрывки из статьи А. Т. Григорьяна: *Оценка ньютоновской механики в „Автобиографии” Эйнштейна* (сб.: *Эйнштейн и развитие физико-математической мысли*, Изд-во АН СССР, Москва 1962) и из книги Б. Г. Кузнецова *От Галилея до Эйнштейна* (Изд-во „Наука”, Москва 1960).

музыкальное произведение, в которой сплетаются мелодии, дифференцирующиеся и звучащие в полный голос во всей симфонии. Заключительными аккордами такой увертюры были мысли Ньютона, появившиеся у него в 1665-1666 г. в Вулсторпе.

Исаак Ньютон родился в 1643 г., юность провел в Линкольншире, затем 35 наиболее плодотворных лет — в Кембридже в качестве студента, а потом профессора Тринити-колледжа и, наконец, 30 лет в Лондоне в качестве руководителя Монетного двора. На шестом году пребывания в Кембридже Ньютон из-за начавшейся эпидемии чумы уехал на два года на родину — в линкольнширскую деревню Вулсторп. В течение этих двух лет (1665-1666) он пришел к идее исчисления бесконечно малых, идее всемирного тяготения и к другим фундаментальным обобщениям. Вся последующая жизнь Ньютона была посвящена обоснованию, разработке и применению вулсторпских замыслов. Мы остановимся лишь на основных законах механики, понятиях абсолютного и относительного пространства, времени и движения, законе тяготения, оптике и исчислении бесконечно малых.

## 2. МЕХАНИКА

Основной труд Ньютона *Математические начала натуральной философии*, вышедший первым изданием в 1687 г. (и затем еще два раза при жизни автора в 1713 и в 1725 гг.), принадлежит к числу произведений, которые стали вехами не только истории механики, но и истории науки в целом и даже истории всего духовного развития человеческого общества.

Исходное определение *Начал* — определение массы как количества материи. Масса, по словам Ньютона, пропорциональна весу. Историческое значение констатации пропорциональности между весом и массой чрезвычайно велико. Эта пропорциональность была и остается основой теории тяготения. Физика и химия также получили в этой констатации основу дальнейшего развития. Поскольку вес пропорционален количеству материи, открывается широчайшая возможность количественного эксперимента в области теории вещества. Далее, количественная определенность всех понятий, связанных с весом, открывает дорогу положительной математической разработке экспериментального естествознания. И, наконец, в картине мира, где материя измеряется массой, а вес пропорционален массе, не остается места для невесомых флюидов, вернее, они оказываются чужеродным понятием в естествознании, развивающемся на основе механики Ньютона.

Вслед за материей Ньютона определяет с количественной стороны движение и затем говорит об инерции и о силе. После указанных определений идет „Поучение”, в котором вводится понятие абсолютного пространства — неподвижного, независимого от тел; и абсолютного времени, которое течет независимо от происходящих в мире процессов. В следующей главе — „Аксиомы и законы движения” содержатся знаменитые законы механики Ньютона.

Они соответствуют данным ранее определениям массы, скорости, силы, инерции, пространства и времени, но не повторяют их. Это — аксиомы, однозначно связывающие между собой измеримые величины. Первый закон относится к телу, предоставленному самому себе. Такое тело будет продолжать свое состояние покоя или движения, причем в последнем случае будет продолжать его как прямолинейное и равномерное. Второй закон — это закон пропорциональности ускорения и силы, а третий — закон равенства действия и противодействия. Затем Ньютон выводит ряд следствий из этих законов и среди них — принцип относительности прямолинейного и равномерного движения. Система отсчета, в которой тело, предоставленное самому себе, движется прямолинейно и равномерно, это — инерциальная система. Иногда такие системы называют галилеевскими. Принцип относительности классической механики состоит в утверждении, что законы механики остаются справедливыми для инерциальных систем, которые движутся прямолинейно и равномерно относительно друг друга. В равноправности всех систем и состоит ньютоновский принцип относительности.

Этот принцип справедлив только для равномерного и прямолинейного движения. Ускоренное движение дает, по мнению Ньютона, прямые доказательства своего абсолютного характера. Такое доказательство и состоит в появлении сил инерции, в частности, центробежной силы, которая поднимает воду к краям ведра, когда ведро вращается, и не поднимет его, если мир будет вращаться вокруг ведра. Этот приведенный в *Началах* пример вращающегося ведра стоял в центре многолетних, доселе незатихших дискуссий об относительности вращения. Ньютон положил его в основу своей концепции абсолютного пространства. Центробежная сила доказывает, что движение планет имеет абсолютный характер. Из ньютоновского тезиса о проявлении абсолютного движения прямо вытекает, что движение планет по криволинейным орбитам есть абсолютное движение, так как планеты испытывают стремление удалиться от центра орбиты.

На основе подобных конкретных астрономических и механических наблюдений Ньютон мог отказаться от объяснения центробежных сил действием каких-либо конкретных материальных масс. Этот отрицательный вывод был исторически правомерным и отражал уровень действительных естественнонаучных знаний XVII в. Из всей совокупности явлений, известных науке в XVII-XIX вв., вытекало утверждение, что причиной центробежных сил служит вращение, которое нельзя отнести к какому-нибудь конкретному физическому телу. Поэтому Ньютон отнес вращение к самому пространству.

Такой вывод Ньютона был мишенью почти непрекращавшейся критики. Но чтобы отказаться от абсолютного пространства, требовалось пойти далеко вперед, ввести в физику понятие поля, создать новую теорию распространения света. В этой части творчество Ньютона также было исходным пунктом развития науки. В *Началах* Ньютон говорит о двух задачах: определении положения тел по заданным силам и определении сил по заданному

положению тел. Первая задача — это механика в собственном смысле, вторая задача — исток теории поля, физики в ее отличии от механики, физики, какой она стала в XIX в.

### 3. ЗАКОН ТЯГОТЕНИЯ

Учение Ньютона о тяготении — исток всего последующего развития физики, причем великое историческое значение принадлежит не только позитивному содержанию этого учения, но и той его части, которая уже в XVII в. казалась спорной, более того, неправильной, той части, которая являлась объектом критики и вызывала напряженные поиски новых и новых концепций.

Наряду с понятием абсолютного пространства, выводимого из сил инерции, у Ньютона было понятие абсолютного времени, связанного, как это сейчас видно, с идеей мгновенного распространения сил. В механике Ньютона гарантией такой независимости времени от движения, гарантией существования времени единого для всей Вселенной служит мгновенное распространение взаимодействий. Если основа ньютоновской абсолютизации пространства состоит в силах инерции, в возникновении сил, не связанных с взаимодействием тел, то основа ньютоновской абсолютизации времени — это мгновенное действие на расстоянии. Мгновенное распространение взаимодействий — более общая и фундаментальная идея классической физики, чем действие на расстоянии в обычном пространственном смысле, т.е. игнорирование среды, передающей взаимодействие тел. И твердые стержни Декарта и распространяющиеся через пустоту силы ньютонианцев гарантировали одновременность двух событий: 1) Тело  $A$ , находящееся в точке  $a$ , действует на другое тело  $B$ , и 2) тело  $B$  в точке  $b$  испытывает это воздействие в тот же момент.

Универсальное, мгновенно распространяющееся взаимодействие тел выражается в их тяжести. Стремление тел вверх объясняется лишь относительным, кажущимся отсутствием тяжести, которое сводится к большей тяжести окружающих тел. Из равенства ускорений всех падающих тел, доказанного многочисленными экспериментами, Ньютон выводит, что веса тел, равноотстоящих от центра Земли, относятся как количества материи или массы тел. При одном и том же расстоянии от центра Земли силы, с которыми тела притягивают к себе Землю, соответственно также пропорциональны массам. Отсюда следует, что сила тяготения, исходящая от тела, складывается из силы тяготения его частей. Поэтому все земные тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной количеству материи, массе каждого тела.

Установив свойства земного притяжения, Ньютон приходит к определению тяготения в небесном пространстве. Из прямолинейности инерционного движения следует, что к телам, движущимся по кривым линиям, приложены некоторые силы. Планеты, которые непрерывно уклоняются от прямого пути и описывают криволинейные орбиты, находятся под действием силы, которую можно назвать центростремительной по отношению к дви-

жущему телу или притяжением по отношению к центральному телу. Ньютон далее доказывает, что если несколько тел движется так, что квадраты времени обращения пропорциональны кубам расстояний этих тел от общего центра, то силы тяготения, испытываемые телами, обратно пропорциональны квадратам расстояний. Соответственно из силы взаимного тяготения небесных тел Ньютон выводит законы Кеплера, которым подчинены движения планет.

Представление о *Началах* как об откровении сверхчеловеческого разума помешало многим увидеть те противоречия и нерешенные проблемы, которые придают этой книге характер исторического документа развивающейся науки. Содержание *Начал* не укладывается в застывшую догматическую форму. Мы встречаем здесь живые противоречия развивающегося познания. И при знакомстве с ними сам облик Ньютона становится более разносторонним, живым, противоречивым и интересным.

Наиболее серьезное „темное пятно” ньютоновской небесной механики — первоначальный толчок. Тяготение и инерция объясняют, как сохраняется эллиптическая орбита планеты, но начало этого движения и эксцентриситет орбиты можно объяснить лишь первоначальным толчком. Ньютон представил эту функцию богу, причем вмешательство бога не могло быть однократным. Время от времени, не говоря уже о библейских и прочих чудесах, богу предстоит повторять первоначальный толчок.

Нужно заметить, что такая роль бога не удовлетворяла его защитников на континенте. Лейбниц в письме к принцессе Каролине жаловался на падение естественной религии в Англии и, в частности, писал о Ньютоне: „Господин Ньютон и его последователи имеют, кроме того, забавное мнение о деле божьем. Согласно им, бог имеет нужду от времени до времени заводить свои часы: иначе они останутся. Он не сообразил снабдить их вечным двигателем. Эта божья машина к тому же, по их мнению, так несовершенна, что бог вынужден ее от времени до времени особым актом смазывать и даже исправлять, как часовщик, считающийся тем худшим мастером, чем чаще он прибегает к исправлению часов”.

Ученых, не допускавших бога в природу, теологический первоначальный толчок еще меньше мог удовлетворить. Здесь, однако, не требовалась коренная переработка ньютоновской системы. Космогонические теории объясняли первоначальный толчок физическими процессами в первичном веществе.

С другой идеей — действием через пустоту — было труднее справиться, чем с первоначальным толчком. В науке всегда существовала тенденция объяснить тяготение наличием эфира. Была она и у Ньютона. Это не мешало ему подчас приписывать богу передачу тяготения. Адам Смит писал, что ни у одного народа на земле не было бога тяжести. Действительно, тяжесть всегда рассматривалась как рациональная сила. Но уже в теологических экскурсах *Начал* возник этот „бог тяжести”.

Для XVIII в. первоначальный толчок и дальное действие были наиболее острыми пунктами научно-философских дискуссий. В XX в. более актуальное

значение приобрели другие темные пятна на чистых ризах ньютонианства — бесконечные силы тяготения, получающиеся при бесконечности Вселенной, случайное тождество инертной и тяжелой масс, направленность движения перигелия Меркурия. Только новая теория тяготения — общая теория относительности — дала ответ на эти „проклятые” вопросы старой механики. Но в XVIII в. для характера научной картины мира особенно важной была проблема первоначального толчка. В этом пункте неподвижная, неисторическая, а подчас даже антиисторическая картина мира оказалась недостаточной и здесь ей был нанесен удар, положивший начало исторической картине мироздания.

Дело в том, что закон тяготения и закон инерции еще не объясняют формы планетных орбит. Инерция увлекает планету по касательной к орбите, но отчего зависит тот первоначальный толчок, который вызвал продолжающуюся по инерции составляющую движения? Ньютон приписал ее богу. Кант считал такое решение недопустимым для науки и выдвинул гипотезу первичной туманности в которой движение молекул было источником движения образовавшихся из туманности планет.

Таким ударом была эволюционная космология.

#### 4. ОПТИКА

Для физики XIX в., а, следовательно, и для ее дальнейшего развития и модификации, для современной физики, первостепенное значение имело выдвинутое Ньютоном учение о свете. Оно было связано с конструированием больших телескопов-рефракторов, где лучи звезд преломлялись в оптических стеклах. Изучая преломление лучей в рефракторах, Ньютон обнаружил хроматическую абберацию, состоящую в том, что лучи разных цветов собираются в разных фокусах сзади объектива рефрактора. В XVII в. применяли рефракторы гигантской длины, доходившей до 150 футов. При этом фокус фиолетовых лучей мог отдаляться от фокуса красных лучей на десятки доли дюйма. Для того, чтобы избежать подобной абберации, Ньютон предложил заменить рефракторы отражательными телескопами-рефлекторами.

После сооружения отражательного телескопа Ньютон изложил одно из своих величайших открытий, представив Королевскому обществу, куда он был принят после создания телескопа, доклад „Новая теория света и цветов”. Этот доклад был результатом замечательных оптических экспериментов. В руках Ньютона эксперимент стал настолько точным и плодотворным орудием познания, что вся предшествующая экспериментальная физика кажется предысторией ньютоновских работ.

Эксперименты состояли в разложении солнечного луча стеклянной призмой. Ньютон пропускал луч через небольшое отверстие в темную комнату. Луч падал на призму, сзади которой стоял экран. Исследуя появившийся на экране спектр, Ньютон констатирует, что белый свет состоит из цветных лучей, которые предломляясь в призме, отклоняются в различной степени. Ньютон

измерил преломление различных частей спектра. Для этого он пропускал через отверстие в экране лучи одного цвета и заставлял их падать на призму. Оказалось, что наименьшим показателем преломления отличается красный цвет, а по направлению к фиолетовому концу спектра этот показатель возрастает.

Это открытие было началом почти непрерывного потока оптических экспериментов — одного из основных фарватеров физики XVIII-XX вв. Подобным экспериментам сопутствовало и на них опиралось развитие теории света. Идея Ньютона — корпускулярная природа света, существование частиц света, движение которых подчинено законам механики, в XIX в. уступила место иной концепции — волновой теории света — представлению о свете как о волнах в эфире, явившемуся результатом ряда новых оптических экспериментов. Оптика Ньютона стала началом коллизии указанных теорий, противоречащих одна другой. Во второй половине XIX в. волновая теория одержала историческую победу: свет был отождествлен с электромагнитными волнами. Но в XIX в. произошел поворот к корпускулярной идее — к представлению о частицах света. Но эти частицы, парадоксальным для классической науки образом, обладают волновыми свойствами. Таким образом, возникла идея корпускулярно-волнового дуализма, распространившаяся на все частицы, из которых состоит вещество. Творчество Ньютона в исторической ретроспекции выступило и здесь, как важнейший этап не только развития позитивных представлений о мире, но и эволюции апорий и вопросов, адресованных будущему. Тем пристальней всматривается в творчество Ньютона современная наука, ответившая на вопросы, которые были адресованы ей прошлым и направляющая будущему новые и новые вопросы.

##### 5. „ГИПОТЕЗ Я НЕ ИЗМЫШЛЯЮ ...”

Следует обратить внимание на глубокое отличие стиля оптических работ Ньютона от стиля *Математических начал натуральной философии*. Речь идет, разумеется, не о стиле изложения, а о стиле научного мышления. В механико-математических концепциях царит однозначная, строгая мысль, ограничивающая себя тем, что кажется достоверным, и отказывающаяся от гипотез. В оптических работах немало гипотез, совсем не однозначных, часто различных и даже с трудом совместимых. В чем же тут дело? Откуда это различие, откуда столь отчетливый барьер между „классикой” механики и „романтикой” оптики, если применить это, принадлежащее Оствальду, деление типов научного мышления? Вспомним известное заклиятие Ньютона против гипотез, известное „Гипотез я не измышляю ...” („Hypotheses non fingo ...”)¹. Если не сама эта фраза, то ее содержание встречается в одной из

¹ И. Ньютон, *Математические начала натуральной философии*, пер. А. Н. Крылова, „Известия Николаевской морской академии”, вып. IV, Петербург 1915, стр. 591-192.

оптических статей Ньютона: „Я не хочу смешивать домыслов с достоверностью”, — пишет Ньютон<sup>2</sup>. Но здесь, в оптике, отказ от гипотез не категоричен и открывает дорогу многочисленным гипотетическим моделям. В оптических статьях Ньютона мы встречаем целый ряд кинетических гипотез об эфире — тонком газе, заполняющем безвоздушное пространство и объясняющем тяготение, электростатические явления, сцепление, упругость, распространение света, его преломление и т.д. Но это гипотезы перемежаются с категорическими оговорками, предупреждающими о неоднозначности кинетических моделей. Предлагаемые гипотезы отнюдь не обязательны, и Ньютон заранее отказывается вступить в полемику по поводу гипотез. Таким образом, с методом Ньютона связаны некоторые характерные особенности его научного темперамента. Общеизвестная антипатия Ньютона к научно-литературной полемике объясняется тем, что предметом дискуссии обычно оказывались не количественные пропорции между экспериментально найденными величинами, а кинетические модели. Чтобы сделать свои идеи более наглядными и доступными для современников, Ньютону приходилось прибегать к кинетическим гипотезам. Он высказывал их очень неохотно, только из дидактических побуждений. Такие гипотезы оспаривались, и Ньютону приходилось снова и снова подчеркивать их условный, дидактический, неоднозначный характер. Оппоненты Ньютона, смешивая условные гипотезы с безусловными законами, называли теории Ньютона гипотезами, и это каждый раз действовало на Ньютона, как удар шпорой.

Более категорический запрет гипотез высказан в *Началах*, в связи с теорией тяготения. Речь идет о причине тяготения. „Но эту причину, — говорит Ньютон, — я не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю”<sup>3</sup>.

И, тем не менее, даже в вопросе о тяготении отказ от гипотез был отнюдь не простым запретом, здесь тоже нужно отказаться от фикции чистой оствальдовской „классики”, здесь как и везде „классика” неотделима от „романтики”, от вопроса, сомнения, поиска, неудовлетворенности. Колебания и противоречия в вопросе об эфире как материальном агенте тяготения несовместимы с образом Ньютона, формулирующего законы природы в окончательном виде, и с представлением о *Началах*, как о неких новых скрижалях завета. Подобный образ сохранялся в сознании ученых, пока физика XX в. не низвела систему Ньютона с пьедестала абсолютной непогрешимости на уровень аппроксимации. Но только сейчас можно полностью оценить „неклассического” Ньютона: поколение, прошедшее через горнило антидогматических обобщений теории относительности и квантовой механики, подходит с большим, чем раньше, интересом и пониманием к нестрогому, часто интуитивному подтексту и противоречивым собственно физическим истокам *Математических начал натуральной философии*.

<sup>2</sup> См. С. И. Валилов, *Исак Ньютон*, Москва-Ленинград 1943, стр. 66-67.

<sup>3</sup> И. Ньютон, цит. соч., стр. 37.

## 6. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ

Сложную, неоднозначную ткань нерешенных проблем, обращенную в будущее, вопрошающую тенденцию в творчестве Ньютона мы видим и в его математических идеях, прежде всего, в идее анализа бесконечно малых. Эта идея вела науку дальше, чем шли собственно механические концепции Ньютона, дальше, чем феноменологическая теория тяготения. В течение столетия, отделяющего Ньютона от Лагранжа и Лапласа, теория тяготения эволюционировала от интегральной схемы дальнего действия, т.е. от картины тел, между которыми нет ничего, кроме расстояния, к схеме (еще не картине, а формальной схеме) гравитационного поля, где движение тела под влиянием силы тяжести объясняется условиями в данной точке. Эта эволюция была основой позднейшей физической концепции поля, которая выросла не на основе теории тяготения, а на основе электродинамики. Заметим, что указанная эволюция объясняется не только внутренней логикой научных понятий. Она не произошла бы, если бы столетие, отделяющее Ньютона от Лагранжа и Лапласа, не было бы столетием, отделяющим английскую революцию с ее религиозными лозунгами от французской революции, если бы оно не было столетием, отделяющим теологическую концовку ньютоновских *Начал* от лапласовского „Я не нуждаюсь в такой гипотезе” — ответе Наполеону на вопрос, чему у Лапласа нет ссылок на бога.

Математическим обобщением, позволяющим перейти к высшему взлету механической концепции мира, были понятия производной, дифференциала и интеграла — основания анализа бесконечно малых.

Создавая анализ бесконечно малых, Ньютон шел от понятия производной. Прообразом ее была переменная скорость тела, движущегося под действием силы. Если тело движется по инерции, то законом, связывающим положение тела с временем, служит линейная зависимость этого положения от времени. Скорость на всем отрезке постоянна, она совпадает со скоростью в точке, и путь тела мы получаем, умножив протекшее время на эту неизменную скорость. Если же тело движется под влиянием неизменной силы, то постоянным является не скорость, а ускорение.

Ньютон обобщает понятие пути, пройденного частицей, и ее скорости и вводит понятие флюенты (переменной) и флюксии (скорости изменения флюенты, т.е. производной этой переменной). У Ньютона не было отчетливого представления о флюксии как о предельном отношении зависимости переменной и ее аргумента. Но Ньютон указал путь, ведущий к такому представлению, вводя понятия, которые вели к сформулированной выше концепции бесконечно малых переменных величин и производной как их предельного отношения.

Представление о флюксии как предельном отношении (вернее, тенденция, ведущая к такому представлению) у Ньютона уживалась с иной тенденцией — с идеей бесконечно малых величин, рассматриваемых как непротяженные, но обладающие определенным отношением друг к другу. Когда Ньютон

говорит о первых и последних отношениях, то иногда неясно, имеет ли он в виду предельное отношение переменных величин или же отношение предельных постоянных значений.

В целом, Ньютон склоняется к идее предельных отношений между величинами, которые остаются переменными и никогда не достигают своих пределов. Но в этом вопросе строки *Метода флюксий* и *Начал* лишены полной определенности. У Ньютона теория пределов существовала не в виде законченной концепции, а в виде некоторой программы или тенденции; была известная разногласия в вопросах понимания и обоснования бесконечно малых.

Мысль о разногласии в учении Ньютона, противоречит традиционному представлению о ньютоновой системе как об истине в последней инстанции и об абсолютной точности ньютонových категорий. Но однозначность формул в *Началах* сочетается с разнообразными кинетическими гипотезами *Оптики* и с неопределенными версиями *Метода флюксий*.

Идеи Ньютона казались последующим двум столетиям еще более окончательными, чем идеи Аристотеля средним векам. Но мы знаем, что живая, незабываемая струя поисков и подходов пробивалась через творчество Аристотеля. Эта струя проходит через всю историю науки. Во всех крупных научных теориях, даже самых канонизированных, мы встречаемся с „духом фауста“, который Гёте с таким глубоким пониманием сущности научного творчества противопоставил филистерскому „духу Вагнера“. Именно поэтому к истории науки применимы слова Жореса: „Взять из прошлого огонь, а не пепел“.

### 7. „ДЕСНИЦА“ И „ШУЙЦА“ НЬЮТОНА

Куда же вела вопрошающая тенденция в творчестве Ньютона? Она вела к теории поля. „Десница“ Ньютона, упорядоченная и однозначная механика, была ответом на первую задачу, поставленную в *Началах* — определение положения тела по заданным силам. Неоднозначная „романтика“, поиски и разногласия относились к ответу на вторую задачу — определение сил по заданному распределению масс. Это сравнительно слабая „шуйца“ Ньютона. Развитие науки после Ньютона в течение двух с половиной веков было синтезом, объяснением, согласованием „десницы“ и „шуйцы“. История науки XIX в. — это, прежде всего, подготовка переноса законов механики в область учения о поле, переноса, который все больше подготавливал радикальное преобразование механики. При этом ретроспективно выявлялась связь „десницы“ и „шуйцы“, учения о движении тел и учения о физическом механизме их взаимодействия. Ни представление Ньютона о частицах света — корпускулярная теория света, ни позднейшая механическая концепция эфира, объяснявшая распространение света и всякого рода взаимодействия между телами, не могли объединить механику с теорией поля, подчинив последнюю механике. Тем самым „десница“ Ньютона оставалась изолированной от „шуйцы“ и в этом источник таких „пятен на Солнце“, как абсолютное пространство,

дальнейшее, первоначальный толчок — все то, что было объектом критики в XVIII-XIX вв. В XX веке был достигнут синтез механики и теории поля, но он был достигнут при некотором проникновении теории поля в механику, при радикальном преобразовании идей Ньютона.

## 8. НЬЮТОН И ЭЙНШТЕЙН

В 1949 г. Альберт Эйнштейн опубликовал небольшой автобиографический очерк, содержащий, в частности, краткую характеристику состояния физики в тот момент, когда он начинал свой творческий путь. В этой связи им была дана оценка основ классической физики — принципов механики Ньютона.

На рубеже XIX и XX вв. еще сохранилось представление о ньютоновых законах движения как об окончательном решении коренных вопросов бытия. „Вначале бог создал ньютоновы законы движения вместе с необходимыми массами и силами. Этим все и исчерпывается; остальное должно получиться дедуктивным путем, в результате разработки надлежащих математических методов”<sup>4</sup>.

Указанные законы считали основой и электродинамики. Это было вполне естественным результатом универсального понимания классической механики. Сознательной тенденцией Максвелла и Герца было механическое обоснование электродинамики. В то же время объективная историческая тенденция, пробивавшая себе дорогу в классической электродинамике, состояла в отрицании классической механики как основы физических представлений.

„Нельзя поэтому удивляться, — пишет Эйнштейн, — что физики прошлого века видели в классической механике незыблемое основание для всей физики и даже для всего естествознания; они неустанно пытались обосновать на механике и максвелловскую теорию электромагнетизма, медленно пробивавшую себе дорогу. Максвелл и Герц также считали механику надежной основой физики, хотя в исторической перспективе следует признать, что именно они и подорвали доверие к механике, как основе основ всего физического мышления”<sup>5</sup>.

В своей критике механики Ньютона Эйнштейн исходил из следующих критериев. Первым из них служит соответствие теории данным опыта, под которым Эйнштейн понимал познание объективных процессов в природе. Физическая теория должна соответствовать опыту. Но это еще непосредственно не гарантирует правильности теории; данным опыта могут соответствовать различные концепции, причем очень часто существующую концепцию можно привести в соответствие с опытом с помощью дополнительных гипотез. Действительно, концепция, объясняющая непротиворечивым образом ряд экспериментальных результатов, еще не имеет гарантированной единственности, она может быть заменена иной, иногда более общей концепцией, объясняющей более широкий круг фактов.

<sup>4</sup> А. Эйнштейн, *Собрание научных трудов*, IV, Изд-во „Наука”, Москва 1967, стр. 266.

<sup>5</sup> Там же, стр. 266.

Разумеется, такое соответствие не гарантировано на будущее, поскольку объем эмпирических физических знаний непрерывно растет. Именно поэтому критерий соответствия фактам (Эйнштейн называет его критерием „внешнего оправдания“) всегда сохраняет свое значение при оценке научной теории.

Второй критерий Эйнштейн назвал критерием „внутреннего совершенства“. Речь идет о следующем.

Каждая теория может быть охарактеризована — подчас интуитивно, подчас сравнительно строгим образом — степенью ее логической стройности. Эйнштейн формулирует этот критерий с большой осторожностью, указывая на его неточность.

„Во втором критерии речь идет не об отношении к опытному материалу, а о предпосылках самой теории, о том, что можно было бы кратко, хотя и не вполне ясно, назвать „естественностью“ или „логической простотой“ предпосылок (основных понятий и основных соотношений между ними). Этот критерий, точная формулировка которого представляет большие трудности, всегда играл большую роль при выборе между теориями и при их оценке“<sup>6</sup>.

С указанными критериями Эйнштейн подошел прежде всего к вопросу: может ли классическая механика быть основой физики в целом? „Внешнее оправдание“ для этого становится сомнительным в оптике. Прежде всего, механическая картина эфира противоречила фактам. История учения об эфире завершилась окончательной дискредитацией механических моделей эфира. Решающим аргументом, поколебавшим традиционную оценку механики как основы физики, была электродинамика Максвелла и подтвердившие ее опыты Герца.

Механическая интерпретация электродинамики Максвелла становилась все более затруднительной по мере того, как процессы, в которых не участвовали весомые массы, оказывались объектами электродинамики. Вместе с тем, такая интерпретация становилась все менее плодотворной. „Так, почти незаметно, взгляд на механику как на основу физики был оставлен; это произошло потому, что приспособление механики к опытным фактам оказалось безнадежным. С тех пор существуют две системы элементарных понятий: с одной стороны, взаимодействующие на расстоянии материальные точки, а с другой стороны, непрерывное поле. Это состояние физики, в котором отсутствует единая ее основа, является как бы переходным; при всей его неудовлетворительности оно далеко еще не преодолено“<sup>7</sup>.

Таким образом, по мнению Эйнштейна, в классической физике в целом сохранялась коллизия материальных точек и взаимодействий, того, чему были посвящены „десница“ Ньютона и его „шуйца“. Эта коллизия препятствовала и „внутреннему совершенству“ классической науки. Неклассическая физика оказалась историческим синтезом двух потоков, началом которых было творчество Ньютона.

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> Там же, стр. 268.